UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

L'INGÉNIEUR : ENTRE PROBLÈME ET PARADOXE

THÈSE

PRÉSENTÉE

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DU DOCTORAT EN ADMINISTRATION DES AFFAIRES

PAR

MARIE-LUC ARPIN

JUILLET 2020

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de cette thèse se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.07-2011). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

REMERCIEMENTS

À ce point du parcours, il est devenu évident qu'à plusieurs moments la thèse a réellement failli ne jamais se terminer. Mes premiers remerciements vont donc à Jessie. L'ampleur de son sacrifice et l'appui qu'elle m'a offert tout au long (en temps, en énergie, en encouragements, en retenue, en empathie...) sont immenses, et resteront pour toujours difficiles à assumer. C'est à toi et à nos enfants que cette thèse est dédicacée.

Merci aussi à Jean-Pierre, mon directeur, dont le soutien a été constant et les éclairages cruciaux. Ta clairvoyance m'a sans cesse étonnée; ta confiance et ta bienveillance m'ont gardée debout. Et dans la même foulée, merci à Nicolas Merveille, dont le rôle et l'accompagnement ont été décisifs, et la générosité énorme. C'est grâce à toi et à travers toi que l'importance de la forme s'est manifestée, et tant d'autres choses.

Merci à Richard Déry, Corinne Gendron et Thierry Pauchant, qui m'ont brillamment accompagné du début à fin, et dont le travail et la manière d'être en tant que professeur-chercheur m'ont énormément inspirée.

Cette thèse n'aurait sans doute jamais commencé, n'eût été l'appui immédiat et entier des gens du CIRAIG, et en particulier de celui de Valérie Becaert et de l'équipe d'analystes et chercheurs qui m'entourait au moment où tout s'est amorcé. Merci à Cécile, Pascal et Geneviève, en particulier, dont les regards généreux et éclairants ont

été tout à fait clés à plusieurs moments. Et merci aussi à tou(te)s celles et ceux qui, ici et ailleurs, ont si généreusement et richement partagé avec moi leurs expériences et perspectives de l'analyse du cycle de vie.

Merci à Caroline Mailhot, dont l'extrême empathie et la bienveillance m'ont complètement sauvée et ébahie.

Merci à Alice et à Émilie, pour les riches échanges d'idées, mais aussi de rires, de peurs, de colères, de pleurs... pour la saveur de vraie vie que vous avez insufflée aux bureaux et aux couloirs de l'université.

Merci finalement à ma mère et à mon père. Merci maman, d'avoir toujours été là en appui, si prête à aider de quelque façon que ce soit. Et merci papa d'avoir subtilement et sans relâche veillé sur moi, comme à chaque fois.

À vous toutes et tous, merci. C'est grâce à vous si l'énorme privilège m'est aujourd'hui donné de pouvoir vous remercier officiellement.

DÉDICACE

À Jessie, Léonard, Simone et Noé.

Reconnaissance et amour.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES ix

LISTE DES TABLEAUX xi

RÉSUMÉ xiii

ABSTRACT xvii

INTRODUCTION 1

Le paradoxe : éléments de définition 7

Contradiction 8
Interdépendance 11
Persistance et dynamique du paradoxe 13

La « forme-problème » : éléments d'une définition initiale 18

I. PREMIÈRE PARTIE DE L'INVISIBLE CENTRALITÉ À LA « FORME-PROBLÈME » 27

CHAPITRE I : ARTICLE 1 L'INVISIBLE CENTRALITÉ 34

1.1 Introduction 37

1.2 Engineering's newfound paradox: seeking new meaning through scale 42

1.2.1 Engineering's scales of meaning: no longer national, not yet global 53
1.2.2 Existing as-a-whole-on-a-global-scale: engineering ontologies denationalizing 59

1.3 *Retooling* as a 'non-event' in engineering education 71

1.4 Conclusion 78

1.5 Épilogue de l'article 1 79

CHAPITRE II LE RAPPORT DE L'INGÉNIEUR À L'ENTREPRISE : MIROIR DE LA POTENTIALITÉ 87

2.1 L'énigme 93

2.2 L'Histoire comme un modèle : une heuristique de la forme 103

2.3 La naissance de l'ingénieur moderne 110

2.3.1 L'invention de la « mise en forme-problème » 111
2.3.2 Le « projet » comme catégorie d'ingénieur 124

2.4 L'ingénieur au fondement de l'utopie technique : l'âge des révolutions et la naissance de la société industrielle 129

2.4.1 L'avènement d'une pédagogie des machines au temps des « tueuses de bras » 136
2.4.2 Le chemin de fer : « machine aveugle et inexorable » ou vecteur d'une « paix universelle » 141
2.4.3 Pédagogie des machines, utopie technologique et acculturation 146

2.5 L'ingénieur au fondement du *« management technique »* 154

2.5.1 Le management, ou la diffusion de la mise en « forme-problème » au XXe siècle 156
2.5.2 Le management : espace inédit de la technique et lieu de résurgence de la tension constitutive 159

2.6 La fin de l'« âge d'or » de l'ingénierie, ou la technologie autonome 169

2.6.1 Les critiques de la technologie telle que vue par Samuel C. Florman 169
2.6.2 L'invisibilisation de l'ingénieur par « l'idéologie du changement technologique » 175

2.7 Le temps du « projet » 186

2.7.1 L'investissement de la « cité par projet » par les ingénieurs 188
2.7.2 La traduction de la « cité par projet » dans un discours-type de l'ingénierie 195

2.8 Synthèse et conclusion 200

CHAPITRE III : ARTICLE 2 LE RAPPORT DE L'INGÉNIEUR À LA TECHNOLOGIE : RENCONTRE AVEC LA FATALITÉ 216

3.1 Introduction 221

3.2 Citing *Retooling* 223

3.2.1 The reformers' motion 227

3.2.2 The critics' motion 235

3.3 *Retooling* revisited 243

3.3.1 Reverting to Ulrich Beck 243
3.3.2 Reverting to Martin Heidegger 252

3.4 Conclusions: *Retooling* from within *and* beyond catastrophe 272

3.5 Épilogue de l'article 2 275

II. CONCLUSION DE LA PREMIÈRE PARTIE LA « FORME-PROBLÈME » 279

III. DEUXIÈME PARTIE MISES À L'ÉPREUVE ET ILLUSTRATIONS 287

CHAPITRE IV : ARTICLE 3 AUX LIMITES CONTEMPORAINES DE LA « FORME-PROBLÈME » : LES MODALITÉS MULTIPLES DE LA DISSONANCE EN ACV, ET SA POSSIBLE RE-SYMBOLISATION 296

4.1 Introduction: the double life of LCA 298

4.2 The Knowledge-Purpose Tension in LCA 302

4.3 Methods and Data 306

4.3.1 Data collection 308
4.3.2 Data interpretation 311

4.4 Results and discussion 314

4.4.1 A Typology of (Mis)Alignment 318
4.4.2 Re-symbolization: A Glimpse on Type 4 332

4.5 Conclusion 333

CHAPITRE V : ARTICLE 4 DE LA RÉINITIALISATION CONTEMPORAINE DE LA « FORME-PROBLÈME » : VECTEURS ET MODALITÉS 335

5.1 Introduction 336

5.2 L'urbanisation : figure contemporaine du « désordre urbain » 340

5.3 La naissance du « désordre urbain » 350

5.3.1 La « forme-problème » 351
5.3.2 Le passage à l'acte de l'utopie : institution de la « forme-problème » dans la ville 354

5.4 L'essor de la carte « participative », ou le retournement de l'urbanisation en occasion 362

5.4.1 Subpolitique de la ville numérique 367

5.5 Conclusion : de l'urbanisation à l'Urbanisation en passant par la ville numérique 375

CONCLUSION ET OUVERTURES 378

L'ouverture au « second degré » 386

Annexe A COLLAPSING PROCESS 1 (ARTICLE 2) 390

Annexe B COLLAPSING PROCESS 2 (ARTICLE 2) 396

Annexe C COLLAPSING PROCESS 3 (ARTICLE 2) 411

BIBLIOGRAPHIE 418

LISTE DES FIGURES

Figure Page

I.1 La métaphore d'un circuit en parallèle pour représenter les flux et blocages du sens et le rapport de la potentialité à la fatalité à travers la « forme-problème » 31

1.1 The comic trip "Bleeker the Rechargeable Dog" (Jonathan Mahoo, 2012), featuring engineering as a cool topic for primary school (K-12) classroom projects 66

2.1 La potentialité en fonction des formes de la modernité..... 150

2.2 La potentialité en fonction des formes de la modernité (Figure 2.1, prise 2)..... 207

2.3 L'invisibilité du personnage de l'ingénieur en tant que miroir de la pure potentialité contemporaine..... 210

II.1 L'Architecture des mondes sociaux (selon Déry, 2009) 280

II.2 La « forme-problème » (en marron) en tant que source d'un mouvement continu dans la « forme-modernité » et modalité de sa dilation par imbrication progressive des sens modernes dominants..... 282

II.3 Clarification quant au « double statut » du paradoxe dans le modèle de la « forme-problème » 284

II.4 La « forme-problème » en tant que modalité des flux et des blocages du sens en modernité 286

III.1 « The bootstrap idiom », très populaire en informatique, et sa figure mythique dans le baron Münchhaussen 293

4.1 A Logical Representation of Tension Types: a) the Compromise, b) the Dilemma and c) the Paradox. Adapted from: Malherbe (1999, 123) 312

4.2 The Knowledge-Purpose (Mis)Alignment Processes/Trajectories..... 316

LISTE DES TABLEAUX

Tableau Page

2.1 L'axe de la potentialité et sa trace dans le monde moderne : l'entreprise industrielle 153

2.2 L'axe de la potentialité et sa trace dans le monde moderne : l'entreprise managériale 168

2.3 L'axe de potentialité et sa trace dans le monde postmoderne 185

2.4 L'axe de la potentialité et sa trace dans le monde hypermoderne 213

3.1 Overview of results 224

4.1 Main epistemological postures and projects in LCA 305

4.2 Purposeful sampling: 1st round of interviews 310

4.3 Data supporting interpretations of K-P (mis)alignment processes 323

A.1 Collapsing process 1: Infusing engineering with meaning and self-knowledge, against "disintegration" 391

B.1 Collapsing process 2: Graduating a 'new breed' of engineers to fulfill a profession's expanding powers and duties 397

C.1 Collapsing process 3: “Dissolving” engineering’s institutional boundaries and corresponding core of meaning through engineering education..... 412

RÉSUMÉ

Partant du phénomène paradoxal que rendent aujourd'hui saillant les discours d'institutions phares de l'ingénierie de par le monde, cette thèse s'intéresse aux flux et aux blocages du sens collectif au sein des sociétés dites modernes. Suivant ledit phénomène, les professions d'ingénieur contemporaines apparaissent et se représentent elles-mêmes comme étant *naturellement légitimes* et *centrales* dans la confrontation des grands enjeux (globaux) du temps présent – tout problème ou toute solution comportant a priori une dimension technologique –, alors même qu'elles se ressentent et se vivent en même temps comme *invisibles* et confrontées à un impératif radical de (re)légitimation qui culmine à l'échelle globale. Tout se passe en somme comme si, pour continuer d'exister en tant qu'entités sociales distinctives, les professions d'ingénieur se devaient désormais diversement et à différents degrés d'opérer la dénationalisation de leur idéal professionnel, ainsi que des ontologies nationales auxquelles cet idéal s'attache partout historiquement.

Ce dernier phénomène paradoxal sert donc de point de départ à la thèse. Car par-delà le caractère nouveau et anecdotique (ou même idosyncratique) que recèle en apparence l'expérience du paradoxe, sa portée dans le temps et dans l'espace est énorme; elle dépasse en outre largement les frontières institutionnelles que l'on a diversement reconnues aux professions d'ingénieur depuis le XVIII^{è} siècle. Même aux États-Unis, là où les conséquences ontologiques du phénomène pour la profession d'ingénieur furent décelées en 2002 par Rosalind Williams – historienne

des technologies au *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) –, la dynamique paradoxale qui le sous-tend est à ce jour restée largement lettre morte au sein des cercles de chercheur(e)s américains associés à la Recherche en éducation à l'ingénierie (*Engineering Education Research*) et aux Études sociales de l'ingénierie (*Engineering Studies*) – lesquelles constituent dans le cadre de cette thèse des points d'ancrage tant théoriques qu'empiriques. En outre, si R. Williams (2002) cerne effectivement le caractère paradoxal et les implications ontologiques des tensions qui se manisfestent à travers les institutions de l'ingénierie aux États-Unis, elle n'en ignore et n'en occulte pas moins elle-même les *termes constitutifs* du paradoxe fondamental en cause, de même que la puissante heuristique qui se dégage de leur interdépendance (ou unité). Ce sera donc là une importante contribution théorique, dont les retombées pratiques et pédagogiques pourront toucher les champs de l'ingénierie, mais aussi s'étendre bien au-delà, comme par exemple à ceux du management ou des études urbaines.

Bien connu en sciences sociales, le paradoxe ici en cause – et qui se manifeste à travers les conflits et contradictions des professions contemporaines d'ingénieurs – est fondamental au sens où sa dynamique (paradoxale) se situe au fondement de la modernité, et la caractérise. Elle correspond notamment à la tension entre « ordre spontané » (*kosmos*) et « ordre arrangé » (*taxis*), conçue par Friedrich A. von Hayek (1990) comme distinctivement moderne, de même qu'à la confusion commune qui en découle, et qui consiste à vouloir gouverner un « ordre spontané » (par ex. la société québécoise) suivant des théories de l'organisation ou du changement social qui l'assimilent à un « ordre arrangé »; ou encore, avec Anthony Giddens, elle correspond à la « double herméneutique » caractéristique des sociétés modernes, c'est-à-dire à « un modèle de réflexivité, où il n'y a pourtant pas de parallélisme entre l'accumulation du savoir sociologique d'un côté, et du contrôle progressivement plus important du développement social de l'autre » (Giddens, 1994, p. 24). En somme, la dynamique paradoxale ici en cause et en question est celle du *rationalisme*

constructiviste propre à l'intelligence moderne, et dont « l'un [des] plus graves défauts est la méconnaissance de ses propres limites » (von Hayek, 1990, p.63).

C'est donc le fil de ce paradoxe – fondamental, et largement ignoré en tant que tel – que reprend la thèse pour se lancer et pour construire son originalité, son objet principal étant de comprendre l'*invisible centralité* du personnage de l'ingénieur, et donc les discours institutionnels confus et contradictoires qui en constituent la trace visible. En nous inspirant d'un concept tiré des travaux de l'historienne Hélène Vérin, nous appellerons ce paradoxe : paradoxe de la « forme-problème ». C'est donc Vérin qui nous fournira le néologisme et le contexte socio-historique justifiant sa création – soit celui de la naissance de l'ingénierie moderne –, alors qu'Ulrich Beck, Jean-Pierre Dupuy et Martin Heidegger permettront d'en concevoir les termes initiaux et la portée. Ainsi, bien que ce paradoxe fondamental n'ait en soi rien de neuf ou qu'il s'étende largement au-delà (et profondément en deçà) des institutions contemporaines de l'ingénierie, j'avancerai dans cette thèse que les « crises » actuelles des professions d'ingénieur permettent non seulement d'en éclairer les termes initiaux (jusqu'ici largement occultés), mais aussi d'en comprendre les limites : soit celles des modalités dominantes de la résolution de problème en ingénierie, en management, et bien au-delà. À partir de ce néologisme fort éclairant, un modèle conceptuel pourra être développé, lequel permettra d'avancer que, si le paradoxe de l'*invisible centralité* du personnage de l'ingénieur continue à ce jour de passer inaperçu, c'est parce qu'en dépit des apparences d'anecdote ou d'idosyncratie qu'il revêt, celui-ci incarne et relève d'un processus de symbolisation fondamental chez les modernes, lequel sous-tend sans doute l'ensemble et toutes les facettes de la vie que nous connaissons aujourd'hui, au sein des cultures occidentales et occidentalisées.

Suivant ledit modèle de la « forme-problème », le paradoxe fondamental sera donc conçu comme présidant à la circulation et aux blocages du sens en modernité : c'est-à-dire qu'il sera conçu comme ayant permis (et permettant à ce jour) d'opérer en

continu la troncation d'avec la tradition, ou encore « l'importation à l'intérieur de la société du lieu-source de ses significations » (Dumouchel et Dupuy, 1983, p 21). Mais pour le concevoir ainsi, il aura tout d'abord fallu mettre en relation et en tension les catégories de *problème* et de *paradoxe* (suivant leur sens commun), c'est-à-dire qu'il aura fallu les découvrir et les construire en tant que termes initiaux implicites du paradoxe de l'« expansion désintégrative » des professions d'ingénieur. Partant, l'intégration paradoxale des catégories de *problème* et de *paradoxe* permettra d'« extrapoler » le cas du MIT au paradoxe de l'*invisible centralité* des professions d'ingénieur, qui lui-même permettra d'ouvrir sur le paradoxe fondamental des modernes. De manière très condensée, c'est donc là le cœur et l'apport propre de la thèse ici proposée.

À l'issue de la thèse, la *fonction-miroir* de l'ingénieur aura clairement été établie : ce qui se passe de nos jours autour de l'ingénierie n'est pas *quelque chose qui arrive au* personnage de l'ingénieur en soi – c'est-à-dire aux professions institutionnalisées de l'ingénierie –, mais bien *quelque chose qui se passe à travers* lui, et dont il permet de mieux comprendre la « mécanique » : à savoir, celle des flux et des blocages du sens collectif au sein des sociétés dites modernes.

Mots clés : ingénieur, ingénierie, management, paradoxe, invisibilité sociale, résolution de problème, forme-problème, flux et blocages du sens, tradition, modernité

ABSTRACT

By first inquiring into the paradoxical phenomenon which is nowadays rendered salient by the discourses of engineering institutions worldwide, this thesis sheds a new light on how collective meaning circulates and blocks within modern societies. By this phenomenon, contemporary engineering professions indeed appear and represent themselves as *naturally legitimate and central* with respect to today's (global) grand challenges – any problem and/or solution a priori entailing technology –, while at the same time being experienced as newly *invisible* and confronted with a radical imperative of (re)legitimation culminating on a global scale. All occurs as though the engineering professions' very existence as distinct social entities partially and varyingly depended on their ability to denationalize engineering's professional ideal and national ontologies.

This last paradoxical phenomenon hence serves as the thesis' starting point. Beyond the new and anecdotal (or even idiosyncratic) character that such an experience apparently carries, its breadth in time and space is huge. Moreover, this type of experience largely transcends the sole reality of modern engineering institutions. Even in the United States, where the phenomenon's ontological consequences were first unveiled in 2002 by Rosalind Williams – historian of technology at the *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) –, the underlying paradox seems to have been forgotten since, or overlooked as such within the fields of *Engineering Education Research* and *Engineering Studies* – both of which constitute a theoretical

and empirical anchorage for the present thesis. Yet if R. Williams (2002) indeed identifies the paradoxical character of tensions as well as their ontological implications for American engineering institutions, she herself nonetheless ignores and obviates the *constitutive terms* of the fundamental paradox in question, as well as the heuristic potential which their interdependence (or unity) conveys. This is thus an important theoretical contribution, whereby both practical and pedagogical outcomes will ensue for the field of engineering, but also well beyond, including that of management and urban studies.

Well known in social sciences, the aforementioned paradox is fundamental in the sense that its dynamic (paradoxical) lies at the foundation of modernity, as well as it epitomizes it, in spite of its conspicuously local manifestation through contemporary engineering professions. This dynamic namely corresponds to the tension between « spontaneous order » and « planned order », conceived by Friedrich A. Von Hayek (1990) as distinctively modern; or else, with Anthony Giddens, it corresponds to the « double hermeneutic » typical of modern societies (Giddens, 1994). Altogether then, the paradoxical dynamic here in question is that of modern intelligence's own *constructivist rationalism*, a prominent defect of which arguably is the misunderstanding of its very own limits (von Hayek, 1990, p.63).

Accordingly, the thesis treads the line of this obviated paradox in order to launch its own inquiry, its main object being that of understanding engineering's *invisible centrality* as well as the confused and contradictory institutional discourses whereby it may be traced. Using a concept drawn from the work of French historian Hélène Vérin (1993), we propose to call this paradox: the *problem-form*. So whereas Vérin (1993) coined the term while providing for and its socio-historical roots, Ulrich Beck, Jean-Pierre Dupuy and Martin Heidegger together allow for its horizon, depth and breadth to be better conceived. So even though this fundamental paradox is neither novel nor constrained to contemporary engineering institutions, I will posit that the

current « crises » of engineering professions not only shed new light on it by clarifying its constitutive terms (as yet ignored), but also that they allow us to foresee and understand the limits of problem-solving approaches in engineering, in management, and well beyond. From this insightful neologism, then, a conceptual model will be developed whereby the *central invisibility* of engineering professions – i.e their paradox – will reveal itself as tied to and emerging from a fundamentally modern symbolizing process: that is, a process underlying each and every dimension of modern life, as we know it in Occidental cultures.

As per the proposed model, then, the fundamental paradox is conceived as presiding over the circulation and blockages of meaning within modern societies: that is, as presiding over the modern ability to continuously truncate tradition, i.e. to « import within society the locus-source of its significations [l'importation à l'intérieur de la société du lieu-source de ses significations] » (Dumouchel et Dupuy, 1983, p 21). But in order to perceive the paradox as such, one first had to distinguish as well as to link the concepts of *problem* and *paradox* (as per their common use) by integrating them as fundamental opposites (or terms) under engineering's « expansive disintegration » (Williams, 2002). As such, they together opened up onto the paradox of *invisible centrality*, which itself opened up onto the fundamental paradox of the moderns (e.g. Latour, 1994). In a very condensed manner, such is thus this thesis's own contribution.

At last, the mirror-function [la fonction-miroir] of the engineer character will therefore have been clearly established: i.e. what happens around engineering today is not something *happening to the engineer character itself* – that is, to the institutionalized engineering professions from which it stems – as much as it is something *happening through it*, whereby today's circulation and blockages in meaning may better be understood.

Keywords: engineer, engineering, management, paradox, social invisibility, problem solving, problem-form, modernity, fluxes and blockages in meaning, tradition, modernity

INTRODUCTION

« Alors que la portée rhétorique de la « technologie » s'accroît, celle de l'« ingénierie » s'amenuise. » (Williams, 2002, emp. 17) Proposition intrigante, s'il en est une. S'y trouve en effet suggéré le caractère paradoxal d'une relation que l'on tient généralement pour harmonieuse, a-problématique, et même naturelle : à savoir, celle des ingénieurs à la technologie.

L'étonnant constat était dégagé en 2002 par Rosalind Williams – historienne des technologies affiliée au Massachusetts Institute of Technology (MIT) et ancienne rectrice de l'institution – dans le cadre d'un ouvrage intitulé *Retooling: A Historian Confronts Technological Change*. À travers une réflexion sur « l'épreuve de l'âge digital au MIT »[1], l'auteure y relate notamment la difficile expérience des membres facultaires de son école d'ingénierie, au cours d'un vaste projet de Réingénierie des processus dont le cœur consistait à améliorer l'ensemble des systèmes d'information comptable (Williams, 2000). Lancé en 1994, ce projet d'apparence presque banale – tant il paraissait se fondre dans l'air du temps (Jackson, chap. 4) – visait prioritairement à corriger une situation financière devenue critique. Mais, alors même que le « changement » projeté devait s'opérationnaliser sur la base de théories de

---

[1] Tiré du site web de l'auteur, sous la rubrique *Retooling*. En ligne : < http://rosalindwilliams.com/writing/retooling/ >, page consultée le 25 mars 2016. Notre traduction.

gestion et de technologies largement reconnues et, du reste, issues d'un champ de recherche en plein essor (celui des *Systèmes d'information*) auquel avait historiquement participé et participait encore centralement le MIT[2] – via son *Center for Information Systems Research*, fondé en 1974 (Hirschheim et Klein, 2012) –, le groupe de pilotage du projet chapeauté par R. Williams s'était heurté à une résistance tout aussi forte qu'étonnante, de la part du corps des ingénieurs-chercheurs : bien que leurs critiques aient été diverses et divisées quant à ce qui constituait le cœur du problème, « les membres facultaires étaient univoques […] quant à leur objection contre le coût élevé de la Réingénierie et sa rhétorique managériale. » (Williams, 2002, emp. 962) À leurs yeux, la Réingénierie discréditait indument le titre et la profession d'ingénieur : « it gave a bad name to engineers. » (Williams, 2002, emp. 962), à tel point qu'on ne lui reconnaissait de filiation avec l'ingénierie que le mot – trompeur –, pour ainsi s'en dissocier complètement. Williams rapporte à cet effet les paroles éloquentes de l'un des ingénieurs inquiétés : « It ma[de] [him] feel like [he had] been abducted by aliens. » (Rapporté par Williams, 2002, emp. 962)

L'incohérence avait tout d'abord paru flagrante : « entre tous les lieux de la planète, pouvait-on penser, [le MIT n'était-il pas] l'un des moins enclins à résister à la technologie » (Williams, 2002, emp. 958-959)? Comment *la* technologie – à savoir, cet ensemble divers de produits et de solutions technologiques issus de l'ingénierie – pouvait-elle en être venue à y apparaître si méconnaissable, étrangère,

---

[2] Voir à ce propos les écrits, très influents au cours des années 1990, de Michael Hammer (formé au MIT en tant qu'ingénieur et devenu professeur au sein de son *Computer Science department*) et James Champy (également formé au MIT en génie civil et devenu consultant en management), au fondement du courant de pensée dit de « la réingénierie des processus d'affaires » (Déry, Pezet et Sardais, 2015, p. 62): Hammer (1990) et Hammer et Champy (1993). Selon Brad Jackson, Michael Hammer et James Champy sont à l'origine d'un « mouvement de la Réingénierie » dont l'influence profonde et étendue à travers le monde les qualifie en tant que « leading luminaries » et « two of the most influential management gurus in recent years. » (Jackson, 2001, p. 71)

« extraterrestre »... comme si elle était *venue d'ailleurs*? Et même plus fondamentalement, sur le plan épistémologique, les préceptes de la Réingénierie n'étaient-ils pas pleinement alignés avec la pensée d'authentiques et glorieux ingénieurs que le courant dominant en histoire du management tout autant que ses critiques s'entendent pour situer aux fondements des théories de gestion?

En sciences de gestion et en théories des organisations, cette dernière thèse est en effet largement admise : la fonction de gestionnaire moderne et les fondements épistémologiques des canons du management ont émergé de représentations de l'entreprise construites et véhiculées par des ingénieurs (Rouleau, 2007; Déry et al., 2015). En appui à cette thèse, sont typiquement évoqués les « principes du management scientifique » publié en 1911 par Frederick W. Taylor, et ceux de l'« administration industrielle et générale » publiés en 1916 par Henri Fayol (voir par ex. Rouleau, 2007; Segrestin et Hatchuel, 2012), mais les ingénieurs-systématiciens dont les nuances de pensée n'ont pas été réifiées à travers la norme historique étaient nombreux autour de F. W. Taylor (Veblen, 1921), à tout le moins; ce que ne manquent pas de faire ressortir aujourd'hui les historiens critiques du management, afin de mettre en questions des évidences et de rendre visibles des possibles écartés : nous le verrons plus loin avec Shenhav (1999, 2003). Alors, comment comprendre que la montée en puissance d'une théorie de gestion labélisée *via* une métaphore de l'ingénierie en soit venue à consacrer, au sein même du MIT, à la fois la *centralité* et *l'invisibilité* actuelles du personnage de l'ingénieur – à savoir, cette image que des ingénieurs se font d'eux-mêmes et de leur profession? Paradoxe saillant!

Pour éviter tout malentendu, précisons dès à présent que les concepts de « figure », d'une part, et de « personnage », d'autre part, ne sont pas ici tenus pour équivalents – le premier relevant de la représentation sociale de l'ingénieur (par un dit « public », notamment), et le second d'un processus d'autoreprésentation, qui est ici autoproduction d'un ingénieur institutionnel incarné dans, et s'incarnant à travers, des

discours d'institutions phares de l'ingénierie – comme ceux du National Academy of Engineering (NAE) aux États-Unis, le Royal Academy of Engineering (RAE) en Angleterre, ou encore, plus près de nous, l'Ordre des ingénieurs du Québec (OIQ). Les deux processus de représentation sont donc intrinsèquement liés, mais leur distinction est nécessaire, et même cruciale, puisqu'à travers la saillance dudit paradoxe, c'est notamment la *figure* et le *personnage* qui entrent en tension, en provoquant ce faisant le malaise et le vertige ontologiques du second. La perte d'équilibre est issue du décalage entre la figure et le personnage de l'ingénieur, lequel est observable à travers les discours d'institutions phares de l'ingénierie. Ce vertige est littéralement ontologique, puisqu'à travers lui – nous le verrons –, ce sont les fondements de l'*être* ingénieur (sur le plan collectif), les fragments identitaires que partagent toutes les professions modernes d'ingénieur de par le monde (à travers leurs institutions sociales constitutives), qui sont menacés d'invisibilité. Tel que le relate notamment Downey (2005) dans *Are Engineers Losing Control of Technology?*, la solidité de ces fondements dépend centralement de l'identification assez exclusive du développement technologique avec la figure de l'ingénieur, dans un contexte social donné. Le débordement généralisé des territoires de l'ingénierie par ceux de la « technologie » mine à la racine les conditions de possibilité d'une telle identification exclusive. La question se pose donc de savoir comment, par quel processus, ladite « technologie » a acquis une telle dimension d'autonomie par rapport à l'ingénierie, mais aussi, bien plus largement, par rapport aux sociétés modernes (Ellul, 1990; Heidegger, 1977; Smith et Marx, 1994, Williams, 2002; Dafoe, 2015; Picon, 2016).

Paradoxe saillant, donc : car là où, à ce jour, s'érigent les parangons du personnage de l'ingénieur, et où se fabriquent et s'apprennent les postures par excellence de concepteur technique et d'innovateur et les « principes opératoires » qui font leur *distinction* – à savoir, ceux de « *lisibilité* des rapports fonctionnels entre éléments, et [de] *reproduction* du modèle en agrandissements et en reliefs » (de Certeau, 1990, p. 291) –, l'invisible de l'ingénieur avait surgi en devenant lui-même « le lapsus du

système », « l'imprévu », « le temps accidenté »... « ce que l'historiographie est chargée d'exorciser » (de Certeau, 1990, p. 295) : « illisibilités d'épaisseurs dans le même lieu, de ruses dans l'agir, d'accident de l'histoire » (de Certeau, 1990, p. 293).

> Le temps accidenté [...] c'est le lapsus du système, et son adversaire diabolique; c'est ce que l'historiographie est chargée d'exorciser en substituant à ces incongruités de l'autre la transparente organicité d'une intelligibilité scientifique (corrélations, « causes » et effets, continuités sérielles, etc.). Ce que la prospective ne fait pas, l'historiographe l'assure, obéissant à la même exigence (fondamentale) de couvrir par la production d'une « raison » (fictive) l'obscénité de l'indéterminé. (de Certeau, 1990, p. 295)

Cette histoire était connue depuis longtemps déjà : l'on savait que « le quotidien s'invente avec mille manières de *braconner* » (de Certeau, 1990, p. xxxvii) : que les individus (citoyens, consommateurs, utilisateurs) ne sont pas totalement passifs, piégés, ou déterminés par le haut, face à la rigidité des systèmes technoscientifiques, lesquels confèrent aux ingénieurs-concepteurs d'importants pouvoirs; qu'ils « braconnent » la normativité de tels systèmes en rusant avec eux, en infléchissant furtivement les trajectoires « normales » ou attendues, et en leur inventant des usages imprévus et imprévisibles. Mais cette fois, les rôles s'étaient inversés : dans les mots de Michel de Certeau, ce serait donc dire que les *concepteurs* des systèmes innovants étaient eux-mêmes devenus les « braconniers », et qu'entre eux et leurs *utilisateurs*, « le raté et l'échec de la *raison* » paraissaient surtout s'être attachés aux premiers.

Les lignes de démarcation les distinguant étant ce faisant devenues de plus en plus obscures, « l'agent de changement et le résistant au changement [avaient] souvent [été] la même personne. » (Williams, 2002, p. 245) À nouveau, semblait-il, l'Histoire – en tant « qu'appropriation systématique du passé contribuant à modeler le futur » (Giddens, 1994, p. 29) – avait pris des ingénieurs à leur propre jeu (voir par ex. Layton, 1971; Florman, 1976; Wisnioski, 2012). Mais plutôt que de se jouer au sein de l'arène proprement managériale – c'est-à-dire en entreprise –, c'était cette fois au

sein même de l'un des plus hauts lieux de l'ingénierie et du développement technologique que l'ingénierie avait été repoussée jusque dans ses derniers retranchements.

En somme, tout s'était passé comme si « ce rapport du contrôlable avec des ratés [avait] constitu[é] précisément la symbolisation, mise ensemble de ce qui cohère sans être cohérent, de ce qui fait connexion sans être pensable » (de Certeau, 1990, p. 296).

> Le raté ou l'échec de la raison [avait été] précisément le point aveugle qui [l'avait] fait accéder à une autre dimension, celle d'une pensée, qui s'articule sur du différent comme son insaisissable nécessité. La symbolique [étant] indissociable du ratage (de Certeau, 1990, p. 296).

Mais alors, quelle avait été cette « autre dimension » ou cette pensée articulée sur « du différent », quand l'une et l'autre – l'ingénierie et la Réingénierie, la raison et le facteur de son échec – étaient si ressemblantes? Autrement dit, quelle pouvait être la *symbolique d'un ratage* qui incarne en même temps le *triomphe du raté*?

Telle est l'énigme que le propos de R. Williams permet de faire surgir, et la clé qui s'offre à travers lui, à la dérobée. À la dérobée : puisque, tel que nous le verrons, la trame de *Retooling* contribue tout à la fois à éclaircir cette énigme, et à l'entretenir. À ce jour, l'énigme demeure donc malgré *Retooling*, mais aussi à cause de *Retooling*. Car le projet qui constituait et constitue à ce jour l'originalité de *Retooling* – telle qu'elle est ici conçue : à savoir, l'idée originale d'explorer, à partir du cas de l'ingénierie, la symbolique d'un ratage incarnant en même temps le triomphe du raté – n'a non seulement pas été reconnu : il n'a pas non plus, à la base, été mené à son terme par R. Williams elle-même, de sorte que l'éclairage qu'apporte *Retooling* reste à ce jour partiel. Ainsi, là où *Retooling* est abondamment cité – comme en

Engineering Education Research (EER) ou en *Engineering Studies* (cf. chapitre 1) –, le paradoxe est ignoré; et là où le paradoxe constitue un objet d'étude et une catégorie analytique privilégiés – comme en études du management (*Management Studies*) ou en théories des organisations (cf. Schad et al. 2016; Smith et al. 2017) –, le cas de l'ingénierie n'a suscité et ne suscite à ce jour que peu d'intérêt.

C'est donc en quelque sorte au croisement des catégories analytiques de l'*ingénierie* et du *paradoxe* qu'émerge la question principale de la recherche : **comment comprendre l'*invisible* du *personnage de l'ingénieur*, alors même que tout de nos jours semble construire sa *centralité* : à savoir, celle de son rôle social, de ses domaines de compétences, et des institutions qui l'incarnent?**

Cette dernière question de recherche traduisant un paradoxe, tel que nous le verrons mieux au chapitre 1 – à savoir celui des professions contemporaines de l'ingénierie simultanément « contraintes » à la *centralité* et à l'*invisibilité* –, prenons dès à présent un moment pour clarifier le concept et sa portée dans le cadre de cette thèse.

Le paradoxe : éléments de définition

Suivant une définition large et ouverte du concept en études du management (*Management Studies*), le paradoxe est ici conçu comme « la contradiction persistante entre des éléments interdépendants » (Schad et al., 2016, p. 10). À cette définition, s'attachent trois sous concepts auxquels il convient de consacrer une attention particulière, puisque la thèse contribuera dans une certaine mesure à leur enrichissement théorique : soit ceux de *contradiction*, de *persistance* dans le temps de cette contradiction, et d'*interdépendance* entre les éléments tenus pour, et vécus comme contradictoires.

Contradiction

Bien que la part de la *contradiction* dans une telle définition du paradoxe ne semble pas a priori exiger de grande élaboration théorique, tant elle se lie spontanément aux sens commun et étymologique du mot « para-doxe » – « opinion qui va à l'encontre de l'opinion commune », c'est-à-dire de la *doxa* –, nous verrons tout au long à quel point la spécificité paradoxale d'une contradiction peut devenir source de confusion. Pour l'instant, précisons seulement qu'à la contradiction de type paradoxal correspondra ici spécifiquement la violence et la souffrance (plus ou moins grandes) qui se ressentent *de nos jours* face à l'impasse *réelle* – c'est-à-dire « concrète », exacte sur le plan symbolique, du sens – que *révèle* la saillance d'un paradoxe dans la vie d'un individu ou d'un collectif (organisation, communauté, société, etc.). Avec Yves Barel, j'avancerai en ce sens que le *phénomène contemporain* du paradoxe – à l'origine du foisonnement théorique qui entoure le *concept*, et de son nécessaire renouvellement – place l'individu ou le collectif y étant confronté devant une *nécessité* toute banale en apparence, mais en soi *impossible* à réaliser (à rendre réelle) d'un point de vue rationnel, c'est-à-dire moderne : soit la nécessité d'« être à la fois dans et hors de [soi-même] » (Barel, 1989, p. 18), ou plus largement, d'« être à la fois dans et hors [d'une situation délicate, ou « problématique » dont on *fait partie*] » (Barel, 1989, pp. 14-). Cette nécessité est banale, car « nous violons tranquillement [tous les jours] la théorie des types logiques » de Bertrand Russell (Barel, 1989, p. 26), à laquelle nous adhérons par ailleurs tout « naturellement » :

> Il devint évident que les « phénomènes » possèdent toute la réalité que nous pouvons connaître, et qu'il est inutile de supposer l'existence d'une réalité d'ordre supérieur [comme Dieu], appartenant à ce qui ne peut pas être perçu. Il peut naturellement exister une telle réalité d'ordre supérieur, mais les raisonnements tendant à prouver qu'elle doit exister sont sans valeur, et il ne s'agit donc que d'une des innombrables possibilités dont on ne doit pas tenir compte, parce qu'elles sont en dehors du domaine du connu et du connaissable. De plus, dans le domaine du connaissable, il n'y a pas de place pour la notion de substance ni pour sa modification

> sous forme de sujet et d'objet. Les faits immédiats que nous pouvons observer ne possèdent aucune dualité de ce genre, et ne fournissent aucun motif pour considérer les « choses » ni les « personnes » autrement que comme des ensembles de phénomènes. (Russell, *Science et religion*, 1971[1935])

> Pour les fonctions à une variable d'individu, l'axiome de réductibilité est appelé par Russell « axiome des classes » et s'écrit : $(f)(x)(\Phi x \equiv f!x)$ Pp., ce qui revient à postuler l'existence d'une fonction prédicative $f!x$ équivalente à la fonction Φx. [...] Dans le cas où, comme ici, le nombre des individus en question est fini, il est toujours possible de construire, par une disjonction logique des propriétés propres à chaque individu, la fonction prédicative requise. Mais il s'agit là d'un cas particulier qui ne saurait se produire en toute généralité lorsqu'on considère (comme l'exigent les mathématiques) le cas où un nombre infini d'objets sont en cause. C'est précisément là que l'axiome de réductibilité joue son rôle en garantissant l'existence d'une fonction prédicative que *l'on ne peut construire et, partant, qu'on ne saurait ni connaître ni nommer.* [...] Ainsi, l'axiome de réductibilité parvient-il à sauver l'indispensable généralité des définitions et des raisonnements logico-mathématiques sans pour autant restaurer la circularité tératologique des paradoxes [c'est-à-dire le « principe du cercle vicieux » (Russell, 1910, *La théorie des types logiques*, pp. 53-83)]. (Vernant, 2019)

> Toutes ces expressions diverses de l'axiome russellien partent d'une réalité que l'on peut décrire en termes très simples, parce qu'elle paraît à la fois évidente et découlant du bon sens le plus élémentaire : la classe des hommes n'est pas un homme; la carte n'est pas le territoire; le concept de chat ne miaule pas; [le modèle en Science n'est pas le réel en soi;] etc. La classe est donc ce qui dit quelque chose sur autre chose qu'elle-même : la classe des arbres dit « l'arbréité » des arbres. L'axiome fondamental peut donc se traduire ainsi : ce qui parle de quelque chose doit être autre chose que ce dont il parle. Il n'y a pas de message auto-réflexif possible. L'axiome russellien est une interdiction de fusion ou superposition de messages et de niveaux [logiques]. Quoi de plus évident? (Barel, 1989, p. 17)

Et pourtant, quoi de plus impossible? Car n'enseignons-nous pas aux étudiant(e)s en génie, en gestion, etc., l'importance cruciale d'apprendre à transgresser cet interdit? C'est-à-dire qu'après l'après l'avoir nommé : « méthode réflexive » (OIQ, 2015, p.

577) ou réflexivité, n'expliquons-nous pas *tout bonnement* que cet apprentissage implique une « capacité de la réflexion à se prendre elle-même comme objet d'étude et de critique » (Dictionnaire Antidote 9, v5.3).

Autrement dit, l*'interdit ici en cause est bel et bien nécessaire* – c'est à travers lui que le principe instituant de l'époque moderne (à savoir celui de troncation de la tradition, de Dieu, du sacré) se trouve en quelque sorte réduit à sa plus simple expression, puis rejouer de multiples façons –, *mais il est en soi impossible à assumer jusqu'au bout*, au sein des sociétés dites modernes, puisqu'il rend impraticable la réflexivité devenue si cruciale à notre époque, notamment pour les professionnels. C'est donc là, en gros, ce qui fait le caractère spécifiquement paradoxal d'une contradiction, dans le cadre de cette thèse : l'oscillation infinie à laquelle elle nous convie *de force*, entre le possible et l'impossible, c'est-à-dire – tel que nous le verrons plus loin – entre le « problème à résoudre » et l'insolubilité de plus en plus critique des grands enjeux du temps présent... entre la potentialité et la fatalité.

Tel que nous le verrons tout au long de la thèse, la dynamique du paradoxe – quel qu'il soit en fonction des circonstances (organisationnelles, locales, sociétales, nationales, globales...) – puise sa racine dans l'injonction d'*auto*-intégration, et même d'*auto*-transcendance qu'il comporte en sa qualité de phénomène existentiel moderne. En tant que tel, l'on verra donc que le paradoxe :

1. Trouve sa racine dans la condition moderne qu'il institue, ainsi que dans « la découverte de l'Histoire » que celle-ci implique (Arendt, 2012, p. 301, pp. 298-306), plutôt que dans la complexité inhérente des systèmes sociaux (voir par ex. Jarzabkowski et al. 2013; Tracey et Creed, 2017), ou à l'inverse, dans les constructions socio-cognitives de leurs acteurs (voir par ex. Lewis, 2000; Chia et Nayak, 2017);

2. Tire sa « structure profonde de persistance » (Pina e Cunha et Clegg, 2017), c'est-à-dire son *insolubilité radicale*, de cette même condition moderne;
3. N'a rien d'absurde ni d'irrationnel : bien au contraire, il est la Raison même.

Ainsi, à la différence de chercheurs en management selon lesquels « vivre avec » et « accepter les paradoxes en tant que persistants et insolubles » implique un « déplacement des attentes à l'égard de la rationalité » (Smith, 2011, p. 385), il sera ici plutôt proposé que cela impliquerait de reconnaître et accepter la rationalité moderne *en soi*, et donc de la reconnaître et l'accepter en tant que fondée dans un paradoxe dont la racine première et la portée sont surtout métaphysiques.

Un peu plus prosaïquement, l'on pourra avancer en ce sens que le paradoxe *révèle* l'interdépendance, ou l'unité des contraires (*unity of opposites*) à la Raison moderne, plutôt qu'il ne la *masque* sous son voile – tel que le conçoivent par exemple les chercheurs en management Lewis (2000) et Chia et Nayak (2017). En d'autres mots, l'on avancera que le paradoxe révèle la Raison moderne à elle-même, en ce qu'il sera conçu tout d'abord comme son fondement, ou son Tout initial (cf. chapitre 2), puis comme sa partie illicite (cf. chapitre 3).

Interdépendance

Tel que l'observent Schad et al. (2016) à l'issue d'une rétrospective de la théorie (ou perspective) du paradoxe en management, les chercheurs de ce champ ont eu tendance à concevoir le degré d'*interdépendance* entre les éléments en tension de manière très variable. Au plus faible degré d'interdépendance – comme avec le paradoxe de l'innovation et l'« organisation ambidextre » d'O'Reilly et Tushman (1996, 2004), qui y répond –, les termes du paradoxe sont conçus comme pouvant être stratégiquement séparés dans l'espace ou le temps. Au son plus fort degré, en revanche, l'interdépendance est telle que les termes en tension sont conçus comme constituant « les deux faces d'une même pièce » (Lewis, 2000, p. 271); ils existent

l'un à travers l'autre et sont, en ce sens, mutuellement constitués et ontologiquement inséparables : « existing on one continuum, these elements define one another, such that they can never be fully separated » (Schad et al, 2016, p. 11). Dans le cadre de cette thèse, c'est suivant ce second degré d'interdépendance – ontologique – que la tension/relation entre les termes sera conçue. À travers un tel degré d'interdépendance – tel qu'évoqué plus tôt –, l'accent se portera sur ce que Schad et al. (2016, pp. 36-37) nomment : « le principe méta-théorique d'unité des contraires » (*unity of opposites*). Pour nous, dans les premiers moments de la thèse, ce principe traduira le rapport de l'*invisibilité* à la *centralité*, en correspondance avec le paradoxe des professions d'ingénieur qui fondent la question de départ. Chemin faisant, nous verrons toutefois à quel point le paradoxe de départ fait écho et se lie intrinsèquement au « paradoxe de l'Auto... » (Barel, 1989, p. 19), c'est-à-dire à la nécessité distinctement moderne d'« import[er] à l'intérieur de la société [le] lieu-source de ses significations, [d'opérer] l'importation de l'extériorité du social par rapport à lui-même à l'intérieur de la société » (Dupuy, 1983, p. 21); nous verrons en somme à quel point le paradoxe de départ fait écho et se lie au paradoxe fondamental des modernes.

Bien connu en sciences sociales, le paradoxe dont il est ici question est fondamental au sens où sa dynamique proprement paradoxale se situe au fondement de la modernité, et la caractérise. Elle correspond notamment à la tension entre « ordre spontané » (*kosmos*) et « ordre arrangé » (*taxis*), conçue par Friedrich A. von Hayek (1990) comme spécifiquement moderne, de même qu'à la confusion commune qui en découle, et qui consiste à vouloir gouverner un « ordre spontané » (par ex. la société québécoise, ou même une organisation) suivant des théories de l'organisation ou du changement social qui l'assimilent à un « ordre arrangé »; ou encore, avec Anthony Giddens, elle correspond à la « double herméneutique » caractéristique des sociétés modernes, c'est-à-dire à « un modèle de réflexivité où il n'y a pourtant pas de parallélisme entre l'accumulation du savoir sociologique d'un côté, et du contrôle

progressivement plus important du développement social de l'autre » (Giddens, 1994, p. 24). En somme, la dynamique paradoxale ici en cause et en question est celle du rationalisme constructiviste typique de l'intelligence moderne, mais dont « l'un [des] plus graves défauts est la méconnaissance de ses propres limites » (von Hayek, 1990, p.63).

Persistance et dynamique du paradoxe

Finalement, en ce qui a trait à la *persistance* comme élément de définition du concept de paradoxe, c'est à la figure de l'insolubilité – presque illicite, de nos jours, surtout à l'échelle collective – que l'on touche. Autrement dit, le sous-concept de la persistance pose la question cruciale, mais difficile, de la « gestion » du paradoxe en tant que phénomène existentiel de plus en plus fréquent, et de plus en plus dramatique.

Ici à nouveau, les chercheurs en management ont eu tendance à concevoir cette *persistance* et donc cette insolubilité de manière très variable, et même confuse. En témoigne les retours récents sur les trajectoires théoriques des trente dernières années, lesquels retours reflètent le fait d'une dérive qui rassemble : à savoir, celle d'une tendance généralisée des chercheur(e)s en management (tous horizons épistémologiques confondus) à sur-simplifier les phénomènes paradoxaux étudiés (Schad et al. 2016; Smith et al. 2017; Cunha et Putnam, 2018; Schad et al. 2019).

Dans le cadre de cette thèse, il sera considéré que :

> Tous les paradoxes, logiques ou existentiels, reposent sur la même injonction paradoxale : l'injonction d'avoir à admettre le message auto-réflexif, c'est-à-dire le message capable de dire son propre sens, le message qui est aussi métamessage. Cette injonction est paradoxale, parce qu'il semble à la fois impossible et inévitable d'admettre l'existence du message auto-réflexif. (Barel, 1989, p. 17)

Le paradoxe sera donc tenu pour *existant* tout d'abord en tant que *catégorie désignant une impossibilité logique*, puis éventuellement, en tant que *signe contingent d'un blocage symbolique* : c'est-à-dire en tant que *signe de l'impossible circulation du sens* entre des mots qui décrivent une « réalité » sociale, et l'expérience sensible de cette même « réalité » (Barel, 1982, pp. 19-27; 1989, pp. 14-18). Autrement dit, en fonction des circonstances particulières, l'impossibilité logique que constitue le paradoxe à sa racine pourra (ou non) se traduire dans l'univers du sensible, et ainsi acquérir (ou non) une portée *phénoménale* plus ou moins embarrassante, plus ou moins violente, plus ou moins souffrante. Suivant un tel *mouvement* contingent du paradoxe de la logique à l'expérience sensible, l'on dira avec Yves Barel qu'il y a « déplacement de paradoxes » (1989, p. 18), ou « disparition du paradoxe logique au prix du surgissement du paradoxe existentiel : être à la fois dans et hors de... » (Barel, 1989, p. 18). L'on dira en outre que *tous* les paradoxes dont on observe la saillance en ingénierie ou en management, et bien au-delà – c'est-à-dire les paradoxes organisationnels, institutionnels, ou sociaux –, sont des paradoxes « existentiels » : car *tous*, sans exception, mettent leurs protagonistes devant l'injonction paradoxale d'« être à la fois dans et hors de » circonstances qui, pourtant, les enferment.

> Ce qu'il y a d'existentiel dans tout paradoxe, y compris le paradoxe logique, c'est [donc] la circonstance qui n'a rien à voir avec la logique, selon laquelle l'émetteur et le récepteur d'un message *décident de s'enfermer* dans sa littéralité, c'est-à-dire *s'interdisent un métamessage* différent du message et *ne peuvent pas ne pas se l'interdire*. (Barel, 1989, p. 16, accent ajouté)

Ils « décident de s'enfermer » en « s'interdis[ant] un métamessage », mais surtout, « ils ne peuvent pas ne pas se l'interdire » dans les circonstances, et c'est là un élément de définition crucial : sans la reconnaissance de cette interdiction forcée, de cette impossibilité *réelle* de donner un sens aux événements dans une circonstance donnée, la saillance de quelconque paradoxe dans l'univers du sensible peut se

réduire dans, et se confondre avec son contraire consubstantiel : soit le « problème à résoudre ».

Suivant une telle conception du paradoxe, il sera tenu pour problématique de définir le paradoxe – tels que le font certain(e)s chercheur(e)s en management – comme essentiellement perceptuel (Lewis, 2000), ou comme n'« émergeant non pas de l'expérience phénoménale, mais de nos efforts à le conceptualiser à travers la logique de compréhension qui domine la pensée occidentale [moderne] » (Chia et Nayak, 2017, p. 125). Tel que le considère par exemple Lewis (2000), dont les travaux sont très cités en management :

> Paradoxical tensions are perceptual – that is, cognitively or socially constructed polarities that *mask* the simultaneity of conflicting truths. Unlike continua, dilemmas, or either/or choices, paradoxical tensions signify two sides of the same coin. Yet actors' perceptions often *obscure* this relatedness. (Lewis, 2000, p. 761, accent ajouté)

Dans le cadre de cette thèse, le paradoxe de type existentiel en viendra certes à être conçu comme *existant à travers* la raison moderne – nonobstant ses origines logiques en Grèce antique –, mais sa phénoménalité potentiellement dramatique ne s'en trouvera pas pour autant niée ou réduite à l'état de fiction perceptuelle (« ridicule et irrationnelle »). Bien au contraire, le paradoxe en viendra pour nous à constituer la figure par excellence de l'insolubilité en modernité, en tension continue avec la soi-disant raison du « problème à résoudre », et donc avec une *optique du sacré* caractéristique des modernités.

Tel qu'il convient à présent de le clarifier, l'expérience du MIT en matière de Réingénierie fait tout particulièrement écho à au terme de l'*invisibilité* évoquée dans la question (paradoxe) de départ, et donc aux discours institutionnels confus qui en

constitue la trace visible. Ce faisant, l'expérience du MIT permet d'entrevoir les dynamiques d'un phénomène (paradoxal) autrement plus vaste et diffus : soit le phénomène de dé/re-symbolisation des professions d'ingénieur à l'échelle globale. Afin de fonder adéquatement la question principale suivant ces derniers termes, les traits caractéristiques de ce vaste phénomène paradoxal sont identifiés et approfondis au premier chapitre.

Dans ce premier chapitre, c'est le « fait » de l'invisible centralité du personnage de l'ingénieur qui se construit. L'anecdote du MIT y est reprise abondamment, à tel point que l'impression pourra se dégager que ledit « fait » se fonde dans, ou est sous-tendu par, un épisode anecdotique. Une telle faiblesse argumentaire devant être évitée, il importe dès à présent d'insister sur les fondements de la stratégie méthodologique adoptée, ainsi que sur sa robustesse. Dans le cadre du chapitre 1, il est tenu pour possible et défendable de se servir de *Retooling*, et plus largement du cas de la profession d'ingénieur aux États-Unis, comme d'un cas « intense » : c'est-à-dire comme d'un cas qui permet de percevoir avec intensité les traits d'un phénomène autrement plus large, sinon généralisé, mais dont les signes sont généralement plus mitigés (Patton, 2003). C'est là le principe d'une collecte de données par *intensity sampling*, auquel j'attache notamment l'argumentaire du chapitre 1, tout en l'adjoignant une stratégie de collecte de discours institutionnels par *maximum variation (heterogeneity) sampling* (Patton, 2003, pp. 230-246). Le cas intense de la profession d'ingénieur aux États-Unis, imbriqué du cas lui aussi intense du MIT (tel que relaté par R. Williams), constitue donc en ce sens une stratégie de collecte et de modélisation d'une réalité complexe – laquelle réalité ne pourrait pas être réalistement appréhendée via les modalités d'un échantillonnage aléatoire. En ce sens, la fonction principale de *Retooling* n'est pas de *sous-tendre*, à proprement dit – ce qui reviendrait à suggérer le caractère représentatif du cas du MIT ou des États-Unis, eut égard à l'ensemble des professions d'ingénieur –, mais bien de *cerner* et de *rendre perceptible* un phénomène d'intérêt et d'importance sur le plan analytique, mais que

l'on comprend mal (tel qu'en témoigne une littérature abondante en *Engineering Education Research*), et que le cas de la profession d'ingénieur aux États-Unis, en combinaisons avec le propos de R. Williams, traduit et incarne de manière éclairante.

Tel que nous le verrons donc plus largement en première partie, cette « autre dimension [...] qui s'articule sur du différent comme son insaisissable nécessité », évoquée plus tôt en passant par Michel de Certeau, est celle du *paradoxe* dont R. Williams perçoit avec acuité la saillance, sans pour autant parvenir à en clarifier les termes constitutifs. Bien au contraire – tel que nous le verrons –, la trame narrative de *Retooling* contribue diversement à nous en éloigner. Ce sera donc là le premier objectif de la thèse : soit celui d'*expliciter et d'articuler les termes fondamentaux du paradoxe à la racine de la question principale*, que R. Williams (2002) contribue à faire émerger, mais aussi à obscurcir.

Pour atteindre ce premier objectif, un cadre conceptuel sera dégagé en deux temps, à l'issue d'une double démarche de recul par rapport à l'ingénierie moderne : d'une part, une prise de recul sera opérée par rapport à sa genèse historique, laquelle permettra de développer le terme de la *potentialité totale*, à l'un des pôles du paradoxe contemporain des professions d'ingénieur (cf. chapitres 2); et d'autre part, une prise de recul sera opérée par rapport à son ancrage ontologique, laquelle permettra de développer le terme de la *fatalité paradoxale*, au pôle opposé du même paradoxe (cf. chapitres 3). Nonobstant le caractère artificiel d'une telle séparation, le cadre conceptuel permettra de clarifier les termes fondamentaux du paradoxe en question, partant de ce que nous nommerons à partir d'ici : la « forme-problème », dont l'historienne Hélène Vérin fournira à la fois le concept initial et ses racines historiques (cf. chapitres 2).

La « forme-problème » : éléments d'une définition initiale

Tout, ou presque, de nos jours, se présentant sous la forme d'un « problème à résoudre », la mise en question de la « forme-problème » à laquelle nous procéderons tout au long de la thèse pourra d'emblée sembler curieuse. Dès lors que l'on souhaite ou que s'impose un changement – dans sa vie personnelle, au travail, dans le sport, en recherche, en politique, etc., tant à une échelle collective qu'individuelle –, il va aujourd'hui de soi que la perspective dudit changement est éventuellement mise en « forme-problème ». Au chapitre 2, nous verrons toutefois à quel point une telle mise en « forme problème » a pu relever de l'impossible à une autre époque. Et, surtout, nous verrons à quel point le retournement (entre le XVIe et le XVIIIe siècle) de cette ancienne impossibilité en un univers de possibles quasi infini, dont l'existence est aujourd'hui tenue pour acquise, se lie de près – tant historiquement qu'ontologiquement – à la naissance d'un nouvel espace de la technique au sein de la société alors en voie de devenir moderne : soit, celui de l'ingénierie moderne. Dans le cadre de cette thèse, le caractère d'évidence dont jouit la « forme-problème » constitue donc un constat de départ crucial, mais vis-à-vis duquel il s'agira de prendre une distance.

Bien que la « forme-problème » nous apparaîtra initialement comme une condition *sine qua non* pour l'émergence historique de la *potentialité moderne* (en tension avec la *fatalité traditionnelle*), puis éventuellement de son caractère totalisant, il deviendra de plus en plus clair que la même « forme-problème » se situe aussi *au fondement* du paradoxe contemporain des professions d'ingénieur – et non seulement à l'un de ses pôles, suivant le terme courant du « problème à résoudre ». D'un point de vue logique, c'est dire que la « forme-problème » doit elle-même être conçue et conceptualisée suivant une configuration paradoxale, mais qu'elle nous apparaît spontanément comme l'un des pôles : en tant que « contradiction persistante entre des éléments interdépendants » (Schad et al., 2016, p. 10), nous dirons donc que la « forme-

problème » intègre les contraires tout en apparaissant a priori comme l'un d'entre eux, comme l'un des termes interdépendants qu'elle intègre, suivant sa configuration paradoxale. La Figure II.3, beaucoup plus loin, situe ces sous-concepts les uns par rapport aux autres et clarifie le « double statut » du *problème* (ainsi que du *paradoxe*) dans le modèle conceptuel que constituera pour nous la « forme-problème ». En clôture de la première partie – c'est-à-dire à l'issue des trois chapitres (1, 2 et 3) constitutifs du cadre conceptuel de la « forme-problème » –, j'avancerai en ce sens que la « forme-problème » est à la fois ce qui permet de comprendre le paradoxe des professions d'ingénieur – en réponse à la question principale de recherche –, et ce qui permet de le transcender. J'avancerai en somme que la « forme-problème » est l'une des formes du Paradoxe fondamental des modernes.

La double démarche de nature à la fois historique et ontologique qui préside à une telle prise de distance (aux chapitres 2 et 3) s'inspire et s'apparente à certains égards à celle développée par Saskia Sassen dans *Territory, Autority and Rights* (2006), dont les principaux éléments sont exposés au chapitre 1 (cf. 1.2.1), et repris au chapitre 2 (cf. 2.1). Par-delà le reflet qu'en viendront à constituer les professions d'ingénieur pour les sociétés modernes (à l'issue du chapitre 2), le paradoxe de la « forme-problème » sera conçu comme le « point aveugle » (de Certeau, 1990) ou l'angle mort d'une raison aujourd'hui partout infiltrée : à savoir, la raison d'ingénieur. Le paradoxe qui sous-tend la « forme-problème » en est donc le « point aveugle », parce qu'il est clandestin, illicite, assimilable à la tradition dont la raison moderne croit s'être débarassée une fois pour toutes. En ce sens, et en allant à l'encontre du sens commun, l'on dira que la « forme-problème » se retourne contre la raison d'ingénieur et les institutions de l'ingénierie, qui ont pourtant historiquement contribué à son essor. Celles-ci se voient aujourd'hui par conséquent forcées d'admettre et de concourir à leur propre « expansion désintégrative ». Ou encore, suivant le principe d'unité des contraires évoqué plus tôt, l'on pourra dire que la « forme-problème » constitutive de la raison d'ingénieur est *ce par quoi* la raison d'ingénieur se voit

aujourd'hui forcée de s'articuler « sur du différent comme son insaisissable nécessité » (de Certeau, 1990, p. 296).

À travers le récit de R. Williams et, bien plus largement, *à travers* les discours d'un personnage contemporain de l'ingénieur que les institutions de l'ingénierie visent de plus en plus à incarner et à glorifier à une échelle globale (cf. chapitre 1), ce seront donc des tiraillements dans le sens des mots qui commenceront à refaire surface, et au premier chef, des tiraillements dans le sens du mot « problème » – lequel est pourtant si largement tenu pour acquis, même par R. Williams (2002). À travers l'évolution dans le sens du mot « problème » qui s'est opérée partout diversement, et même à travers les ruptures dont il a été l'objet au passage d'une modernité à une autre (c.f. chapitre 2), ce sont les dimensions symboliques de la technologie et de l'ingénierie qui en sont venues à disparaître, ou plutôt à devenir un invisible social; de sorte que la résolution de problème va aujourd'hui de soi en tant que seule modalité possible de rapport au réel. Mais via la saillance « nouvelle » des paradoxes de la technologie et de l'ingénierie au sein même des institutions qui les promeuvent et encadrent leur développement, des « problèmes » dont les solutions sont tout bonnement tenues pour existantes, à découvrir et à faire advenir, en viennent à se ponctuer d'une déconcertante insolubilité (au sens d'absence de solution correspondante) – ce type de problèmes étant pratiquement impossibles à solutionner par le biais des moyens propres à la planification organisée de la société (tel que l'illustre par exemple F. von Hayek dans le 2e chapitre de *Règle et ordre*, intitulé : « Kosmos » et « Taxis »).

Une fois remontés – nous le verrons –, ces tiraillements se transposent subtilement de toute sorte de façons. Rosalind Williams (2002) les retrace (tout en les incarnant) à travers ce qui se passe au MIT, lequel phénomène est extrapolé à l'échelle des États-Unis, et ainsi assimilé à une « crise [étasunienne] de l'éducation en ingénierie » (Williams, 2002, pos. 745). Dans le cadre de cette thèse, c'est bien plus largement que cette trace est captée et extrapolée (c.f. chapitre 1), à travers lesdits discours

d'institutions phares de l'ingénierie : les discours institutionnels de grandes écoles et facultés d'ingénierie, ainsi que ceux de mouvements transnationaux de réforme des programmes de formation en génie sont certes mobilisés, mais aussi (et surtout) ceux d'instances d'encadrement et/ou de représentation de la profession à l'échelle d'une discipline et/ou d'une nation – comme l'*Ordre des ingénieurs du Québec* (OIQ), ici même; du *Royal Academy of Engineering* (RAE), en Angleterre; ou du *National Academy of Engineering* (NAE), aux États-Unis –, lesquels n'ont à ma connaissance jamais été appréhendés comme un corpus cohérent dont pourrait être tirés des constats éclairants, tel qu'il est ici proposé. Dans l'introduction du premier article (section 1.1), nous esquissons d'ailleurs ce qui apparaît comme l'une des raisons déterminantes de cette abstention de la part des chercheur(e)s : soit la notion prédominante en génie, en *Engineering Education Research* (EER) ou en *Engineering Studies* – mais aussi largement au-delà, et notamment dans le champ interdisciplinaire des *Science and Technology Studies* (STS) – selon laquelle « any single explanation of what it means to be an engineer [must be held as] untenable » (Wisnioski, 2009, pp. 405-406).

Tel que nous le verrons dans le chapitre 1, tout se passe en somme comme si les institutions d'encadrement et de représentation de la profession (relevant historiquement d'un domaine de l'ingénierie ou d'un État-nation) étaient chacune à leur façon saisies d'un vertige ontologique; ou comme si à travers leurs discours institutionnels s'exprimaient de manière épique le désœuvrement radical de la profession, et donc du personnage contemporain de l'ingénieur que ces institutions incarnent partout diversement. De manière épique, donc : car ce désœuvrement n'a rien d'oisif ni de déshonorant; bien au contraire, il est laborieux et même en un sens glorieux. L'on pourrait même dire que ce désoeuvrement rayonne obscurément de mille feux, au sens où les discours institutionnels qui le construisent ou le laissent entrevoir prennent acte du fait que le personnage de l'ingénieur doit de nos jours se trouver partout à la fois, et être de tous les combats. Et pourtant, en même temps, un

profond malaise transparaît, comme si cet incontournable « ingénieur » que les discours incarnent se trouvait dépourvu d'une voix, ou même d'un corps qui lui est propre. En un sens, le personnage de l'ingénieur devient à travers eux une structure d'échos qui reconduit et amplifie les bruits et les voix du moment, mais qui n'a plus en soi de substance distinctive : toutes choses (ou presque) devant apparemment passer par lui – car comment pourrait-il en être autrement, se dit-it, en cet âge de technologies? –, il n'a pourtant plus le sentiment d'une emprise sa propre figure (ou représentation sociale).

En ouverture de la première partie, qui se décline par ailleurs en trois temps, le premier chapitre (qui correspond à l'article 1 de la thèse) rend compte de cette trace discursive toute en contradictions. C'est donc en quelque sorte le chapitre de problématisation, puisqu'il fonde, situe et définit la question principale précédemment énoncée, tout en la relançant. Avec Yves Barel (1982), toutefois, il faudrait sans doute dire que c'est le chapitre de « paradoxalisation », puisque prendre au sérieux l'« invisible social » de l'ingénieur – tel que je propose ici de le faire –, c'est aussi consentir à ne pas faire de son paradoxe un problème à résoudre.

Partant, avec les chapitres 2 et 3, nous passerons officiellement aux concepts et à la double démarche – historique et ontologique – qui servira à les dégager et à les intégrer. Dans le chapitre 2, c'est l'histoire du rapport de l'ingénieur à l'entreprise qui prend une importance particulière, puisque celle-ci permet de dégager la dimension de *potentialité* qui constitue ladite « forme-problème », et de la construire en remontant l'histoire par fragments, depuis la Renaissance jusqu'à aujourd'hui. Cette histoire du rapport de l'ingénieur à l'entreprise se lie donc très intimement au mouvement de la « forme-problème », tel que je le conçois ici : tout comme la « forme-problème » qui se dégage de l'histoire, l'histoire est en soi envisagée à la manière d'un modèle au sens où celle-ci est dotée, pour commencer, d'une plasticité presque caricaturale que nous en viendrons par la suite à nuancer.

Cette plasticité de l'histoire est nuancée dès le chapitre 3 (qui correspond à l'article 2 de la thèse), suivant deux axes distincts et complémentaires : tout d'abord, suivant la réception et à l'appropriation de la thèse paradoxale de *Retooling* par celles et ceux qui la citent; ensuite, suivant une mise en parallèle des démarches (ou « manières de pensée ») de Rosalind Williams dans *Retooling*, d'une part, et de Martin Heidegger et William Lovitt (son premier traducteur vers l'anglais) dans *The Question Concerning Technology*, d'autre part. Au croisement de ces axes, la perspective développée s'avère donc surtout ontologique : c'est le rapport des sociétés à la technologie qui s'y transforme, en chamboulant ce faisant les fondements (ou hypothèses) existentiels des professions d'ingénieur. Sur le plan conceptuel, c'est ici que la « forme-problème » acquiert sa dimension de *fatalité* par le biais du paradoxe fondamental (de l'Auto) qui la sous-tend en permanence, mais qu'elle incarnait jusque-là clandestinement : c'est ici, autrement dit, que la « forme-problème » cesse d'apparaître seulement comme ce qui nous permet d'acquérir puis d'accroître une emprise sur le monde qui nous entoure; avec le chapitre 3, c'est sa dimension paradoxale clandestine qui se fait jour. Elle devient visible, et donc, de ce fait, l'histoire conçue et racontée comme un modèle – suivant la démarche plus « naturelle » qui se reflète et se construit au chapitre 2 – prend de plus en plus des airs de caricature. Ainsi grossis, les traits historiques d'une « forme-problème » qui ne serait que *pure potentialité* entrent en tension avec la réalité phénoménale (sensible) – qui s'acquière par l'expérience, et qui montre à quel point notre emprise collective sur monde n'est pas totale, et donc à quel point tous les problèmes sociaux n'ont pas d'emblée leur solution –, mais que l'on s'évertue pourtant à évacuer, surtout à l'échelle collective. La Figure I.1, en première partie, sera à cet égard éclairante.

Mais cette réalité phénoménale nous rattrape plus pleinement encore en seconde partie, laquelle vise à atteindre le deuxième objectif de cette thèse : soi celui d'*illustrer et mettre à l'épreuve la « forme-problème » en tant que cadre conceptuel répondant à la question principale*. En seconde partie de la thèse, ce sont donc deux

espaces de la saillance contemporaine du paradoxe de la « forme-problème » qui sont explorés : soit deux univers discursifs bien distincts – l'un relevant historiquement de l'ingénierie et l'autre de l'urbanisme et de l'architecture – au sein desquels le schème d'action et de pensée duquel surgit la pure potentialité atteint sa limite. En ce sens, c'est donc l'illustration de la pertinence du cadre conceptuel de la « forme-problème » qui s'effectue ici en deux temps.

Au chapitre 4, tout d'abord, nous nous intéresserons à la communauté dite de l'*Analyse (environnementale) du cycle de vie* (ACV), dont les enjeux et débats particuliers paraissent à plusieurs égards concentrer le phénomène du retournement de la « forme-problème » en paradoxe. Ce chapitre correspond au troisième article de la thèse. S'en dégage une typologie de la dissonance caractéristique de cette communauté, ainsi qu'une voie apparemment émergente de (re)symbolisation de l'ACV en tant que langage plutôt qu'en tant que science – laquelle voie de (re)symbolisation *pourrait* contribuer à mitiger ladite dissonance, tout en confrontant le paradoxe d'une science réflexive (au sens de Beck) en tant que tel, plutôt qu'en tant que problème à résoudre.

Par la suite, au chapitre 5 (qui correspond au quatrième article de la thèse), c'est plutôt la transformation du discours de-et-sur l'urbanisation qui nous intéressera sous l'angle spécifique de la « participation citoyenne » (au sens large), sur le fond des potentialités qu'offriraient à cet égard la « ville numérique » (également au sens large). Ici encore, la « forme-problème » se retournera en paradoxe. Mais sa dimension de fatalité sitôt devenue saillante à travers l'impasse insoluble que constitue vraisemblablement l'urbanisation du monde, nous verrons comment le discours « pro-urbain » en opérera la remise en latence; et cela d'une manière tout à fait surprenante qui illustre à quel point il n'existe plus rien de nos jours, sur le plan collectif, entre les extrêmes que sont la pure fatalité (qu'incarne illicitement le mot, l'idée, le concept de « paradoxe ») et la pure potentialité (qu'incarne le mot, l'idée, le

concept de « problème à résoudre ») : autrement dit, nous verrons à quel point les collectifs tous azimuts (des plus critiques du statu quo jusqu'à l'*establishment*) ne se définissent plus qu'à partir du « problème à résoudre ». Dans ce cas précis, c'est le refus *consensuel* de l'urbanisation en tant que fléau (environnemental et sanitaire, social et humain, etc.) qui semble avoir rendu la « ville numérique » si unificatrice, malgré les conflits et contradictions que son paradigme suscite. Tel que nous le verrons, en témoigne apparemment la prolifération des cartes numériques soi-disant « participatives » en son sein, suivant un spectre très large de postures et d'allégeances politiques. Le dispositif de la carte numérique participative sera en ce sens interprété comme le dernier cri de la « forme-problème » sous l'angle de la *pure potentialité*, en adéquation avec les principes de la résolution de problème, devenus prépondérants. Autrement dit, nous interpréterons le dispositif de la carte numérique parcipative comme l'une des voies collectives parmi les plus subtiles, sophistiquées et totalisantes de nos jours, pour évacuer l'insolubilité du paradoxe de la « forme-problème » en le télescopant dans le « problème à résoudre ».

La thèse qui s'ouvre ici éclaire donc la question principale en la déclinant de multiples façons, qui l'élargissent et en illustrent la portée bien au-delà de l'ingénierie. Suivant le chapitre 1 qui en fonde la question principale, et indépendamment de sa structure en deux parties, en correspondance avec ses deux grands objectifs, la thèse se déploie donc en s'attachant à quatre trajectoires de la raison d'ingénieur qui permettent en quelque sorte de retracer le mouvement de la « forme-problème » d'hier à aujourd'hui. Ces trajectoires naissent à l'une ou l'autre des *frontières critiques* de leur temps, pour ensuite évoluer au fil d'une histoire plus ou moins longue, que je revisite et interprète par fragments :

(1) Au chapitre 2, l'ingénieur moderne naît en contribuant à l'affranchissement de la tradition et au remodelage de l'idée d'entreprise;
(2) Au chapitre 3, l'*Engineering Education Research* (EER) et les *Engineering Studies* naissent en marquant chacune à leur façon du changement dans les programmes de formation des ingénieurs de par le monde;
(3) Au chapitre 4, l'*Analyse environnementale du cycle de vie* (AeCV) émerge en ambitionnant d'influencer la prise de décision au sein des organisations, suivant une optique de développement durable;
(4) Au chapitre 5, les « data scientists » émergent en tant qu'acteurs clés de la transformation numérique des villes et du retournement de l'urbanisation en occasion, suivant l'idéal très rassembleur de la « participation citoyenne ».

À travers ces quatre trajectoires, la thèse se construit en illustrant en quoi l'*invisible centralité* ne doit pas au final être conçue comme étant le propre de l'ingénieur contemporain (le personnage) – ou comme quelque chose (une crise) *qui lui arrive en soi* –, mais bien plutôt comme un phénomène *qui surgit et se manifeste à travers* lui avec une intensité toute particulière, et à travers lequel le temps présent acquiert une lisibilité additionnelle. En ce sens, le cœur de la thèse porte davantage sur les dynamiques historiques, la saillance contemporaine et un modèle du paradoxe (social et existentiel) des modernes, que sur l'ingénieur ou l'ingénierie en soi. Bien au-delà des domaines institutionnalisés de l'ingénierie et de ses « crises identitaires », il semble que ce paradoxe devient aujourd'hui saillant à une fréquence, à des échelles et à des degrés de violence symbolique qui vont sans cesse croissants. À tel point que les mots viennent à manquer – tel que nous le verrons – pour exprimer *ce qui se passe* avec réalisme (ou sans naïveté), sans pour autant s'enfermer dans le seul sens que l'on reconnaît aujourd'hui généralement à la *fatalité* : soit celui qui la situe à l'opposé complet de la *pure potentialité*.

I. PREMIÈRE PARTIE

DE L'INVISIBLE CENTRALITÉ À LA « FORME-PROBLÈME »

C'est un néant, un zéro, un point zéro, un point indifférent, mais qui se trouve dans tous les êtres manifestés et c'est en même temps la source à partir de laquelle, à la moindre occasion, un double phénomène se produit, lequel n'apparaît que pour disparaître de nouveau. Les conditions qui déterminent cette apparition sont infiniment différentes suivant la constitution des corps particuliers.[3]

Johann Wolfgang Goethe, 1810 (à propos de l'électricité)

À la « difficile question de savoir pourquoi des technologies ont pris des formes particulières en des lieux et des temps particuliers » (Alder, 1997, p. xiv), ou encore à la question symétrique – et tout aussi difficile – de savoir comment « résister [aujourd'hui] à la culture de l'ordinateur » (Rose, 2003), il ne faut pas chercher de réponses en tant que telles, car dans les deux cas – bien de telles réponses existent effectivement – cela revient à chercher une ou des solution(s) à ce que l'on présume comme étant *fondamentalement* un « problème à résoudre » : en l'occurrence, celui de savoir « comment les choses pourraient être autrement. » (Alder, 1997, p. xiv) Les déclinaisons de ce « problème » essentiel sont aujourd'hui multiples, à tel point qu'il

[3] Traité des couleurs, cité dans Chalmers.

semble à peu près sans risque d'avancer que tous les domaines de la connaissance et toutes les sociétés qui se conçoivent comme « modernes » en possèdent leur(s) version(s) plus ou moins distinctives : autrement dit, d'un point de vue collectif, l'heure est partout au « changement », à toutes les échelles et à différents degrés – crises socio-environnementales, socio-économiques, socio-humanitaires, socio-politiques... obligent –, et donc à la nécessité correspondante de *harnacher* les tendances actuellement en surrégime, comme celles de la numérisation ou de l'urbanisation (voir par ex. ONU-Habitat, 2016; Schwab, 2016; GTEC, 2018), pour les retourner à la faveur du façonnement de sociétés (ou même d'une société globale) qui soient habitables, équitables, écologiques, inclusives, durables, démocratiques... Si bien que cette dernière nécessité se traduit et se *problématise* diversement suivant un éventail de notions polysémiques distinctes, mais qui se font furtivement écho, par exemple celles de « transition » (Audet, 2014, 2016; Uriona et Vaz, 2017; Durand-Folco, 2017) et de « quatrième révolution industrielle » (Schwab, 2016). Or ici, l'on ne se trouverait pas *fondamentalement* devant un problème, et ce qu'il faudrait tout d'abord chercher, c'est ce face à quoi on se trouve; ou plutôt, ce sur quoi on se tient : à savoir, le *paradoxe* de la « forme-problème », tradition des traditions (en quelque sorte) en ce qui a trait aux modernités.

Mais partant de l'ingénierie et de son rapport à la technologie, comment en suis-je venue à une telle proposition, et à l'idée d'en faire le fil heuristique de la thèse? En prenant l'argument que je défendrai à l'envers – puisque c'est la « forme-problème » qui doit ici servir d'explication à l'*invisible centralité* de l'ingénieur –, disons que de manières analogues à la « forme-problème » qui en vient aujourd'hui en certaines circonstances à brouiller la pensée plus qu'elle ne l'éclaire, tout se passe comme si les catégories d'ingénieur et d'ingénierie se voyaient déplacées par celles de la technologie, du changement technologique, de l'innovation (Williams, 2002)... et ainsi diminuées tant sur le plan du sens qu'elles suscitent (en général) que de leur potentiel analytique (en recherche). Tout se passe en somme comme si le courant ne

passait plus à travers ces notions, ou comme s'il passait tout autrement qu'auparavant, de manière encore subreptice. En ce sens, l'ingénieur et l'ingénierie deviennent des « objets impossibles » de l'analyse sociale : le projet qu'ils incarnaient plus fermement avant (au moins jusque dans les années 1960) en vient à se disperser et se fondre dans l'« invisible social » (Barel, 1982, 1989) de ce que R. Williams appelle (tel que nous l'avons évoqué) l'« expansion désintégrative » ou la « crise identitaire » de l'ingénierie (Williams, 2002) – un « invisible social » auquel contribue par ailleurs centralement le management, tel qu'entrevu en introduction.

> Engineering has evolved into an open-ended Profession of Everything in a world where technology shades into society, into science, into art, and into management, with no strong institutions to define an overarching mission. All the forces that are pulling engineering in different directions – toward science, toward systems, toward socialization – add logs to the curricular jam. The most obvious symptom of the identity crisis of engineering is the crisis in engineering education. (Williams, 2002, pos. 745).

« Invisible social », donc : au sens où ce que désignent les catégories jadis plus propres à l'ingénieur et à l'ingénierie (comme celle du progrès, du projet, de l'innovation ou de la technologie), tout autant que ce que les mots « ingénieur » et « ingénierie » désignent en soi « se laisse[nt] mal apercevoir, décrire, analyser, interpréter, alors que par ailleurs s'impose l'impression qu'il est impossible de [les] tenir […] pour négligeable[s] » (Barel, 1982, p. 7). De là l'intuition à l'origine de la question principale de la thèse, que le chapitre 1 fondera en discours : **comment comprendre l'*invisible* du *personnage de l'ingénieur*, alors même que tout de nos jours semble construire sa *centralité* : à savoir, celle de son rôle social, de ses domaines (technologiques) de compétences, et des institutions qui l'incarnent?** Car au-delà et en deçà de l'idée généralement admise que les ingénieurs ont surtout été et sont à ce jour des travailleurs de l'ombre – ce qui ne nie d'ailleurs en rien le caractère essentiel (central) de leur travail –, comment comprendre le malaise

identitaire qui s'incarne aujourd'hui à travers leur personnage institutionnel – au MIT et ailleurs –, et qui l'amène partout diversement à réclamer plus de reconnaissance et moins de transparence? Et comment comprendre, plus largement, le caractère simultanément déchu et glorifié d'une figure et d'un pouvoir de l'expert dont on présume à ce jour, de manière plutôt binaire, soit l'exceptionnalité et l'irremplaçabilité, ou à l'inverse, la nuisibilité et la substituabilité (Capriotti et al., 2017)?

Les chapitres 2 et 3 doivent servir ensemble à dégager un cadre conceptuel qui puisse éclairer ces derniers questionnements. Leurs démarches analytiques respectives sont donc tout d'abord déclinées *en parallèle*, puis intégrées dans le concept de la « forme-problème ». Tel que le schématise la Figure I.1, le double mouvement qu'elles effectuent en canalisant la « forme-problème » soit dans l'axe de la potentialité (cf. chapitre 2), ou de la fatalité (cf. chapitre 3), peut être métaphoriquement envisagé comme le flux d'un courant électrique dans un circuit en parallèle à deux branches : soit comme deux voies alternatives pour permettre au sens de circuler, dont l'une – celle de la fatalité et de la saillance du paradoxe – servirait de mesure de contingence pour l'autre – celle de la potentialité et du « problème à résoudre » –, lorsque momentanément le « courant » y serait disjoncté pour cause de sur-sens; c'est-à-dire lorsqu'il ne serait plus possible pour le sens de circuler dans l'axe de la *potentialité* qui, de nos jours, se présente ou apparaît d'emblée en tant que *la seule voie* possible et admissible, comme si la résistance y était tout à fait nulle, alors qu'elle tendrait vers l'infini suivant l'axe de la fatalité.

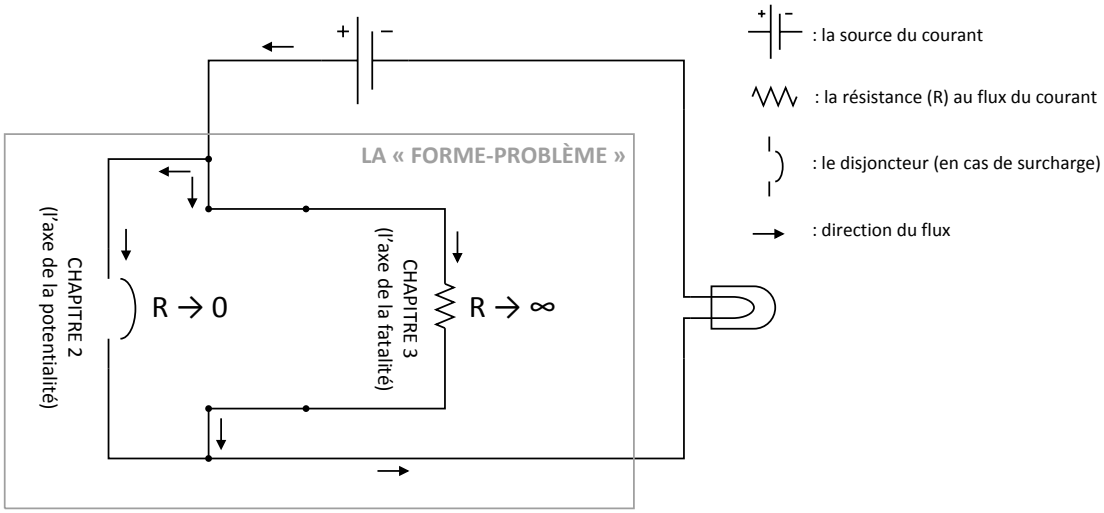

Figure I.1 La métaphore d'un circuit en parallèle pour représenter les flux et blocages du sens et le rapport de la potentialité à la fatalité à travers la « forme-problème »

Au sein d'un tel circuit, tout se passerait en somme comme si la branche du paradoxe, dont la résistance est infinie, n'existait pas. Pour qu'elle apparaisse enfin et s'impose comme la voie de circulation du sens, il faudrait que la ligne de la potentialité soit disjonctée. Alors seulement, le paradoxe deviendrait saillant et le sens se canaliserait dans l'axe de la fatalité, en dépit de son énorme résistance.

Bien qu'il soit habituellement invisible et tenu pour rédhibitoire, ce passage par le paradoxe est donc ici conçu comme une alternative *ultimement nécessaire* à celle de la résolution de problème, un peu comme s'il en incarnait la ligne de fuite (Deleuze, 1988). C'est en ce sens que la « forme-problème » ne peut ni ne doit être tenue pour problématique : le paradoxe qui la fonde à la racine *n'est pas* un problème à résoudre; il est la « forme-problème » en soi, en tant que « mise ensemble de ce qui cohère sans être cohérent, de ce qui fait connexion sans être pensable » (de Certeau, 1990, p. 296); soit, tel que je l'avancerai ici, en tant que mise ensemble des catégories de *problème* et de *paradoxe*.

Si cependant la thèse ne tient pas la « forme-problème » pour problématique, elle n'en admet pas moins le caractère de menace que celle-ci comporte et qui la constitue toujours au moins en puissance, c'est-à-dire en latence. C'est d'ailleurs là, à mon avis, ce qui fonde la pertinence sociale de la thèse : le danger tient ici à la violence symbolique (par opposition à la violence physique) qui accompagne toujours la saillance paradoxale, c'est-à-dire le passage (ou l'extension) du paradoxe au-delà de la logique, et dans une dimension existentielle ou phénoménologique; l'expérience bien réelle de la saillance paradoxale du déterminisme technologique au sein même du MIT, que relate Rosalind Williams, est à cet égard tout à fait éloquente. Sa violence est symbolique, puisqu'elle atteint les individus-ingénieurs et le collectif des ingénieurs qui en souffrent en induisant un mal intérieur, invisible aux yeux des autres, un blocage ou un vide du sens des événements auxquels ils sont pourtant sommés de répondre. Selon Bourdieu :

> La violence symbolique est cette coercition qui ne s'institue que par l'intermédiaire de l'adhésion que le dominé ne peut manquer d'accorder au dominant (donc à la domination) lorsqu'il ne dispose, pour le penser et pour se penser ou, mieux, pour penser sa relation avec lui, que d'instruments qu'il a en commun avec lui. (Bourdieu, 1997, p. 245, cité dans Landry, 2006, p. 86)

De là, toute son importance en lien avec l'expérience d'un paradoxe existentiel (Barel, 1989). De là, par ailleurs, toute l'importance de s'attarder aux conditions de possibilité de l'établissement et de la diffusion du discours initial de la « forme-problème », dont la configuration (telle que nous le verrons) se doit d'être paradoxale pour pouvoir répondre à notre question : comment, ou par quels effets, celle-ci en serait-elle venue à constituer un vecteur incontournable de l'« auto-organisation » moderne, en allant « de la physique au politique » (Dumouchel et Dupuy, 1983)?

Mais avant d'en venir à la modélisation de la « forme-problème » en soi, voyons en quoi consiste précisément l'*invisible centralité* du personnage de l'ingénieur, que la « forme-problème » doit permettre d'éclairer.

CHAPITRE I : ARTICLE 1

L'INVISIBLE CENTRALITÉ

Nous l'avons évoqué en introduction : l'incohérence des ingénieurs du MIT avait tout d'abord paru flagrante. Car « entre tous les lieux de la planète, peut-on penser, [le MIT n'est-il pas] l'un des moins enclin à résister à la technologie » (Williams, 2002 : 958-959)? Comment la technologie ici en cause – à savoir, la leur : les systèmes d'information indispensables à tout projet de Réingénierie – pouvait-elle paraître aussi culturellement *autre*, méconnaissable, étrangère, « extraterrestre », comme si elle était *venue d'ailleurs*?

Depuis sa double perspective d'historienne des technologies et de gestionnaire au sein du MIT, R. Williams perçoit avec acuité l'impossibilité de saisir une telle situation dans sa littéralité, c'est-à-dire en présumant de sa lisibilité. Tel que nous le verrons ici, c'est d'ailleurs ce qui confère à ce jour une unicité toute singulière au propos développé dans *Retooling*. L'auteur parvient à éviter la fuite du sens et l'aveuglement qui auraient été induits par la dénonciation rapide et facile d'une simple incohérence ou une banale manifestation de résistance au changement. Plutôt que d'assimiler spontanément l'abjection ressentie et dénoncée par les ingénieurs à une attitude de condescendance – soit à l'endroit du personnel administratif du MIT forcé de prendre

la Réingénierie au sérieux, ou du discours managérial qui en porte et promulgue les principes –, R. Williams la comprend plus largement et profondément, comme le signe d'une « crise identitaire » de la profession d'ingénieur aux États-Unis, dont les racines défient a priori l'intuition et la compréhension : cette crise – avance-t-elle – est le reflet du caractère réflexif de l'actuelle modernité, lequel se manifeste particulièrement éloquemment et intensément lorsqu'il se répercute à travers le rapport de l'ingénierie à la technologie. Le constat s'avère donc troublant quant à l'évolution et aux perspectives d'avenir de la profession, mais il s'impose néanmoins résolument, du fait que le phénomène apparaît justement au MIT, et qu'il s'incarne à travers des voix d'ingénieurs : l'ingénierie serait désormais aux prises avec les effets – inéluctables – de son propre « processus paradoxal d'expansion désintégrative » (Williams, 2002, emp. 358).

> The economist Joseph Schumpeter famously described capitalism as a paradoxical process of 'creative destruction.' Engineering is undergoing a similar and equally paradoxical process of expansive disintegration. […] Engineering is 'ending' only in the sense that nature is ending : as a distinct and separate realm. The two processes of disintegration are linked. Engineering emerged in a world in which its mission was the control of non-human nature and in which that mission was defined by strong institutional authorities. Now it exists in a hybrid world in which there is no longer a clear boundary between autonomous, non-human nature and human-generated processes. Institutional authorities are also losing their boundaries and their autonomy. (Williams, 2002, emp. 360-364)

En ce sens, « le fait que tout cela se soit effectivement passé au MIT est pour Williams un indice que *la vraie histoire* n'en est pas une de résistance au changement » (Williams, 2002, emp. 959, accent ajouté) : car cela reviendrait en somme à faire abstraction du lieu, du symbole qu'il incarne bien au-delà de lui-même, et de l'identité (ingénieure) des protagonistes. Cette « vraie histoire » qui – bien au-delà du MIT ou de l'ingénierie – raconte « la fin de la nature en tant que royaume distinct et séparé », mais qui ici se fait jour dans toute sa « vérité » *à travers* des

ingénieurs déconcertés, cette histoire-là en est une d'effacement de frontières, d'hybridation, d'effondrement et de désintégration (Beck, 2008). Elle en est une, en somme, de « *radicalisation* » et de « *retournement contre soi* » du processus de modernisation de la tradition (les expressions entre guillemets sont de Beck, 2008), lequel s'est initié deux siècles auparavant, mais qui tend à se radicaliser depuis cinq décennies suivant – par exemple selon Ulrich Beck (2008) – la modernisation réflexive de la société industrielle.

Pour les professions d'ingénieur, tel que nous le verrons, l'enjeu qui se profile à travers un tel retournement du processus de modernisation s'avère donc fondamentalement ontologique, car c'est l'existence du *Tout occidental de l'ingénierie* en soi (c'est-à-dire de ce qui unit fondamentalement l'ensemble des professions d'ingénieur) qui s'y révèle comme menacée. C'est du moins ce que j'avance dans l'article 1 (qui suit), dont le fil argumentaire pose et définit la question de l'*invisible centralité* du personnage de l'ingénieur, tout en permettant de la relancer et d'en extrapoler le phénomène au-delà du MIT et de la profession d'ingénieur aux États-Unis.

ARTICLE TITLE

Retooling as a 'non-event' (part 1): engineering professions seeking new meaning through scale

ARTICLE STATUS

To be submitted to *Engineering Studies* (after initial email exchanges with editors)

ABSTRACT

The article overall inquires into the debate on the future of engineering education, and more particularly into the possibility whereby (in Carl Mitcham's words) 'the age of engineering may be coming to close.' Such a possibility and its implications for engineering education have virtually remained unaddressed since 2009, when Mitcham first raised the question in concluding his article of Engineering Studies' inaugural issue. In order to highlight how such a topic has become increasingly relevant (even critical) over the past decade, we use Rosalind Williams' *Retooling* as a thread of argument, showing how her work may be construed as an initial inquiry into engineering's changing claim, mode and scale of existence as-a-whole (or 'normative holism', as Gary Lee Downey has called it). The article thus contributes by depicting the broad discussion-scape against which *Retooling* may itself be conceived as a 'non-event' – that is, as a propositional object which has remained partly and peculiarly invisible upon its own predicated discussion backdrop –, thereby arguing that *Retooling* can and indeed should be interpreted more broadly (following Carl Mitcham's 2009 intuition) as an inquiry into the phenomenon of 'post-engineering'.

KEY WORDS

paradox, post-engineering, Retooling, post-engineering, normative holism

1.1 Introduction

'For over a century – as Matthew Wisnioski lately reasserted –, [American] reformers on the periphery and professional leaders at the center have advocated for redefining what engineers should know and who they should be.' (Wisnioski, 2015, p. 248) Or, as Bruce E. Seely alternately put it in the now classic *The Other Re-engineering of Engineering Education* (1999), 'perhaps the most constant feature of American engineering education has been the demand for change.' (Seely, 1999, p. 285) Yet as an ever-growing body of literature enlightens, such tensions and constant impetus for 'change' in systems and institutions of engineering education are not an American specificity – quite the opposite (see for ex. Lundgreen, 1990; Downey & Lucena, 2004; Harwood 2006; Valderrama et al., 2009; Godfrey & Parker, 2010; Björck,

2016; Case et al., 2016; Case, 2017). Localized demand for 'change' is what determined how slowly or rapidly individual nations assimilated British engineering expertise and transformed it into their own, even as a shop-cultured diaspora of British engineers virtually spread across the globe in the late 'railway booming' 19th century (Buchanan, 1986); and localized demand for 'change' is also what accounted for 'the perplexing heterogeneity to be found in national patterns of engineering education' (Lundgreen, 1990, p. 34), even as the school-based training of engineers gradually rose and asserted its worldwide dominance over a hitherto well-established shop culture, from the First World War onward. (Buchanan, 1986; Lundgreen, 1990; Case, 2017) Even today, as 'training Engineers for Mobility' (Downey & Lucena, 2004, p. 413; Lucena et al., 2008) has become a national priority everywhere and as 'the case for [engineering education] reform is [globally] recognized', (Graham, 2012, p. 2) 'national differences count' (Downey & Lucena, 2004, p. 399) and 'change' discourses continue to be fundamentally shaped by localized narratives whereby engineers 'contextualize themselves'. (Wisnioski, 2009) In other words, 'any single explanation of what it means to be an engineer [must be held as] untenable.' (Wisnioski, 2009, pp. 405-406; see also Downey, 2012)

Once this is duly acknowledged, however, one is also compelled to admit that a new kind of transnational vitality has been expressed worldwide, over the past two decades, by all kinds of engineering institutions. As has become typical over the last hundred years (at least), today's institutional makers of engineers keep on predominantly conceiving of engineering work as contributing to *humanity as a whole* through a country's own (and often implicit) 'metrics of progress' – i.e. through 'dominant images of societal advancement' that significantly vary from one country to the next. (Downey, 2007, p. 291) Yet as we herein argue drawing on both R. Williams' work and Saskia Sassen's analytics of change, the ontological anchor of such state-centric 'normative holism' (Downey, 2012; Downey, 2014) (in Gary L. Downey's words) has been slipping: in other words, the hitherto national constitution

of engineering has subtly been disentangling, as have also drifted beyond the national scale several historically 'national capabilities' since the early 1980s. (Sassen, 2006) Yet this is occurring so intensely in some cases – such as for the American engineering profession – that the vitality of some of most nation-centric and deep-seated engineering institutions appears to depend as much (if not more) on their capacity to exist and be relevant in relation to global scale 'problems', as on their historical capacity to serve national goals and imperatives. Indicative of such a drift, as we will see, is the converging ontological connotation of varied discursive events, which are promoted either jointly or independently by engineering institutions worldwide. At the connotative intersection of such discursive events, a paradoxical tension emerges whereby engineering institutions appear as ever more *naturally legitimate and central* facing today's global crises and underlying technological phenomena, while at the same time (paradoxically) being experienced as ever more *invisible* and confronted to a radical imperative of global legitimization. More colloquially, one might say that everywhere 'engineering and engineers have never mattered more', (Sheppard et al., 2008, p. 231) and yet, that such centrality is largely perceived by engineering institutions as virtually unrecognized.

As we will argue, such institutional discourses are coalescing into a new kind of discursive holism, the integrating principle of which is more fundamentally *ontological* than it is *normative* (or *axiological*). Even if partially and varyingly, depending on institutional and national specificities, coalescing discourses tend to assert the crucial role of a fundamentally new kind of engineering (education) facing today's global challenges and, accordingly, call for the convergence of engineering professions on stakes that warrant ontological unity well beyond the national scale[4]

---

[4] For a sense of this global discursive convergence, see: Vest, 2008; Jesiek et al., 2010; Borrego & Bernhard, 2011; Jesiek et al., 2014; Mote Jr. et al., 2016.

(Downey, 2010); yet at the very same time, they are passionately pleading for proper social recognition, nationally and globally. This passionate call to convergence has been occurring at the same time as – and yet, as we will see, somewhat independently from – the emergence of engineering education research (EER) as a globally connected field of scientific inquiry aspiring to mediate and implement such global changes in engineering education: i.e. aspiring to support the engineering professions in their transition from a 20th century to a 21st-century education (see for ex.: Lohmann, 2008; de Graaff & Lohmann, 2008; Jesiek & al., 2010; Borrego & Bernhard, 2011; de Graaff, 2014). Altogether, this dual discursive trend – EER on the one hand, and the broader engineering community on the other – forms the backdrop against which recent debates over 'the future of engineering' (Buch, 2012) have emerged and must be understood: on the most fundamental level, such debates are of an ontological nature, and yet, they have mostly been framed otherwise so far, in ways that only very obliquely (if at all) pay heed to contemporary engineering professions' near-desperate resolve to rescale their meaning and repurpose their mode of existence as-a-whole.

In this last respect, particularly, Rosalind Williams' *Retooling: A Historian Confronts Technological Change* (published in 2002) appears as a rare exception. By focussing on the ontological dimension of this dual discursive trend and contextualizing it – mainly drawing on S. Sassen's *Territory, Authority and Rights: From Medieval to Global Assemblages* –, the first part of the article therefore shows how *Retooling* may be conceived as a 'non-event' (Barel, 1982): that is, as a propositional object which has remained partly and peculiarly *invisible* upon its own predicated discussion backdrop. To Yves Barel, the eventless-ness of a phenomenon (or 'social invisibility' thereof) is above all 'a way to designate the fact that a part of social 'reality' scarcely lets itself be seen, described, analyzed, interpreted, whereas the impression nevertheless prevails that it cannot be held as negligible.' (Barel, 1982, p. 7, our own translation)

Such uneventfulness, as it were, does not imply that *Retooling*'s publication went unseen over the last fifteen years, or that its propositions were received as insignificant by the broad engineering education community – quite the contrary. Rather, it suggests that the *actual* event of its publication and dominant ways in which fragments of the text have so far been seized tended to emphasize the uneventful dimensions of the text. More specifically, it suggests that the book's ontological significance may well have been diminished through its very own success within the engineering education literature and community.

To date, *Retooling* remains as the most frontal attempt at elucidating engineering's contemporary paradox. Although this has been (and still is) only scarcely discussed, R. Williams confronts the rising possibility of engineering's ontological demise amid a time of ever more ubiquitous 'technology' and inescapable 'technological change', while at the same time beginning to explore what such a paradox might portend for the future of engineering education. Admittedly, the text's chosen setting, form and style have suggested otherwise (Castells, 2003). Yet as we move on to show, the words actually used to raise the possibility of such an 'ending' appear unabashedly critical of the prevailing status quo in engineering education and, more generally, in higher education. In spite of *Retooling*'s general recognition within engineering education, then, the ontological dimension of R. Williams' account has largely remained unnoticed, thereby retrospectively warranting Manuel Castells' 2003 concerned eulogy that 'the essential argument subtly crafted into the narrative [might be missed].' (Castells, 2003, p. 587)

Our article begins to mend this situation by conceiving of *Retooling* as an initial inquiry into engineering's changing claim, mode and scale of existence *as-a-whole*, but also, and correspondingly, into the potential societal implications of an ever more vacuous use of the words 'engineering' and 'engineer'. By depicting the broad discussion-scape against which *Retooling* may be conceived as a 'non-event', it

mainly argues that *Retooling* can (and indeed should) be interpreted more broadly – following Carl Mitcham's 2009 intuition – as an inquiry into the phenomenon of 'post-engineering' (Mitcham, 2009, pp. 48-51) and the possibility whereby 'the age of engineering may be coming to a close.' (Mitcham, 2009, p. 48) Such a possibility and its implications for engineering education (in general) and engineering studies (in particular) have virtually remained unaddressed since 2009, when Mitcham first raised the question in concluding his article of Engineering Studies' inaugural issue.

1.2 Engineering's newfound paradox: seeking new meaning through scale

Whether approvingly or not, a most restated idea from R. Williams' *Retooling* is that 'engineering has evolved into an open-ended Profession of Everything in a world where technology shades into society, into science, into art, and into management, with no strong institutions to define an overarching mission.' (Williams, 2002, pos. 745) Oft-cited as well are some of the conceptual constructs through which R. Williams comes to such an understanding. This 'evolution' of engineering into 'an open-ended Profession of Everything' came as a result of engineering's 'paradoxical process of expansive disintegration' (Williams, 2002, pos. 358), unfolding more noticeably since roughly the mid-20th century, and by which 'the number of people calling themselves engineers [astoundingly] keeps going up' at the same time as 'engineering [is disappearing] as a coherent and independent profession': (Williams, 2002, pos. 357-361) i.e. as a profession that is 'defined by well-understood relationships with industrial and other social organizations, with the material world, and with guiding principles such as functionality.' (Williams, 2002, pos. 361-362) As such, 'engineering itself is undergoing an identity crisis', an important sign of which is 'the displacement of 'engineering' by 'technology'.' (Williams, 2002, pos. 336-337) Yet most fundamentally – she argues –, such a displacement is indicative of the great extent to which engineering's 'old institutional containers' are becoming 'obsolete', while the 'engineering school' already stands as the most obsolete of all. (Williams,

2002, pos. 855-865) As engineering (education) now ‘exists in a hybrid world in which there is no longer a clear boundary between autonomous, non-human nature and human-generated processes’ (Williams, 2002, pos. 363-364), it can only exist as a hybrid – i.e. ‘mixing itself with the larger world [of higher education and, by extension, ‘the common world’] rather than trying to keep expanding its own [well-defined and segregated] world’ (Williams, 2002, pos. 854) in order to integrate all that technology touches. ‘The mission of engineering has to change when its dominant problems no longer involve the conquest of nature but the creation and the management of a self-made habitat’ (Williams, 2002, pos. 339-340): that is, when engineering no longer has a problem set of its own, distinctively setting its institutions apart, ‘because engagement with technology has far outgrown any one occupation.’ (Williams, 2002, pos. 849) Ultimately, then, ‘the boundaries of engineering are dissolving’ (Williams, 2002, pos. 888) and its ‘future […] lies in accepting rather than resisting this multiplicity.’ (Williams, 2002, pos. 849)

In its most condensed form, R. Williams’ ontological-paradoxical argument holds in the following words, which come at the very end of the second chapter:

> … (and here is the irony, even the tragedy), engineering must both expand and disintegrate. […] It must let go of its yearning for a segregated role of expertise and a segregated educational track. Engineering can save its soul only by losing it in the larger technological world. (Williams, 2002, pos. 918)

Admittedly, the breadth and depth of such a proposition tends to remain equivocal so long as it is set against the localized and experiential backdrop that *Retooling* primarily provides for it – that is, against a history of MIT’s Reengineering project ‘written as autobiography.’ (Williams, 2002, pos. 20) In 2003, very shortly after Retooling’s publication, Manuel Castells released his own acclaiming review of R. Williams’ work in Technology and Culture. On the occasion, he had but one critical comment to offer upon the piece: namely, the main message’s potential opacity for

cause not of excessive jargon – quite the contrary – but of an overly accessible form and style. To him, 'Retooling is an exemplary piece of social research on technology wrapped in the shape of a personalized chronicle' (Castells, 2003: 589), to such an extent that the sentiment of being in front of 'an innocent-looking masterpiece' (Castells, 2003: 590) provided both an impetus and connecting thread for his review article. In his own words:

> This is the danger in reading this book: it is too easygoing at first approach. It could be taken for an autobiographic parcours from a relieved dean, enamoured with her university. In fact, folded into Williams's account of the organizational transformation of MIT in the Information Age is an extraordinary analysis of the interaction between culture, technology, and organizations, one whose value and interest goes beyond the world of academia. Thus, the modest contribution of this reviewer to the reader is to highlight and organize my own understanding of what this analysis is, so that the pleasure of reading can proceed without missing the essential argument subtly crafted into the narrative. (Castells, 2003: 587)

So indeed – as we begin to argue here –, *Retooling*'s main proposition may only become unambiguous and inevitable inasmuch as:

1. … it is set against the backdrop of 'epochal transformation' explicitly referred to in the title and throughout the book (as our article emphasizes): technological change is to be confronted, i.e. well beyond engineering, through (or by developing) a historical perspective;
2. … its theoretical constructs are understood (as we begin to do in our upcoming work) in light of the Zeitgeist thinkers – Ulrich Beck, Anthony Giddens, Edmund Husserl, Martin Heidegger, Hannah Arendt… – whose conceptual framework *Retooling* is rested upon, mainly in the first two chapters.

Over the past fifteen years, a vast majority of *Retooling*'s citing authors within engineering education have therefore conspicuously tended to interpret its content selectively and in isolation – as if the narrative confined to debates internal to the engineering (education) community, the American engineering profession, or even the MIT. In other words, citing authors have tended to select out the fact that *Retooling* construes of engineering education as bound to disintegrate within higher education – to which, incidentally, it also significantly caters.

Shortly after Retooling's publication (in January 2003), R. Williams published a condensed version of her book in The Chronicle of Higher Education, illustratively entitled: *Education for the Profession Formerly Known as Engineering*. In addition to strong hints already provided in the book itself, the chosen title indicates how central this particular idea is to the main thesis, as well as it reasserts – in relation to the particular publication selected for her article – how *Retooling* caters as much to engineering education's institutional agents, as to those of higher education (here mainly construed as liberal arts education). To R. Williams (2003), engineering (education) *not only should* conceive of itself as an inspiration and building block for a new kind of general technological education to be built (namely) within higher education; *it is bound to* such a convergence and disintegration, whether it accepts it or not; hence the oft-misinterpreted phrase: 'The convergence of technological and liberal art education is a deep, long-term, and irreversible trend.' (Williams, 2002, pos. 862)

As we additionally propose to understand, *Retooling* has been interpreted in ways that collapse (or reduce) the *paradox* that it reveals – i.e. engineering's 'expansive disintegration' – into a *problem* amenable to a solution domain remaining to be found and tapped into. But before we move on to sustain this idea, let us specify that notwithstanding the underlying paradoxical configuration of *Retooling*'s narrative, R. Williams herself keeps a blurred line between *problem* and *paradox*. On several

occasions, R. Williams presses her point by reverting to, or at least by resonating with a *problematizing mindset*. As if words lacked, or as if one could not do without the semantic field for 'problem', *Retooling* is filed with expressions deriving their meaning from it – much like the 'cluster of deceptively simple words' that revolves around 'technology' (Williams, 2002, pos. 219) –, thereby 'forming a closed world of cross-references' (Williams, 2002, pos. 219) in spite of the underlying paradoxical configuration of events which is also narrated throughout. In the introduction, for instance, R. Williams broadly announces the thread of her argument as such: 'the mission of engineering has to change when its dominant problems no longer involve the conquest of nature but the creation and the management of a self-made habitat' (pos. 339-340). On different occasions, moreover, she readily (if momentarily) collapses the paradox she herself uncovers into a problem to be resolved. For example:

> After repeated failures to achieve professionalization […], it is time to admit that it is not going to happen, to let it slip, and to figure out another way of getting the job done. […] Professionalization is not an end in itself but a means of addressing *the real problem*, […]: 'how to organize a technological world we can live in' [these last words are quoted from Eltin Morrison]' (Williams, 2002, pos. 845-848, emphasis added)

With 'life' here, arguably being understood as withholding meaning beyond itself (as per H. Arendt's trilogy of 'action' in *The Human Condition* or M. Heidegger's *The question concerning technology*), as a way of relating to the world whereby one ceases to take technology strictly at face value (i.e. as merely technological). Yet somewhat confusingly – i.e. almost as if current semantic attractions belied her own argument from within –, R. Williams overall contends that such a critical 'problem' no longer can be rested on 'the Profession formerly known as engineering' (be it under 'little-e' or 'big-E' engineering), that is, on professionalization regardless of its level of achievement, but that this engineering's history and legacy of an ever

aspiring profession could crucially help in confronting 'it': 'the real problem' of our time.

Such a blurred line between *problem* and *paradox* should come as no surprise for at least two reasons and can hardly be held as a critic against *Retooling* insofar as such a conceptual distinction is of our own making: it is what we propose to introduce in order to clarify *Retooling*'s main argument and far-reaching ontological significance. First, one may perhaps argue that such a blurred line allows R. Williams' account to best capture and reflect the language and spirit of current engineering institutions: 'Engineers solve problems,' after all, even though such a 'statement […] captures some of the reasons why there is so much soul-searching going on right now [in engineering].' (Williams, 2002, pos. 346) Second, and perhaps most likely, the blurred line between problem and paradox that endures in *Retooling* revealingly instantiates a force of habit: i.e. nowadays, the act of collapsing any kind of situation into a problem may well have become a reflex response triggered by any sort of contemporary events, from the most unusual and decisive to the most ordinary and trivial, individual or collective, regardless of scale and complexity (i.e. well beyond the world of engineering). As such, the conflating act itself becomes invisible – a speech act, so to speak – as if it could be taken for granted as natural and normal: one might even say that problematizing totalizes 'thought'. Yet as French historian Hélène Vérin enlightens, the 'problem-form' is far from being 'naturally' human; it *also* is an epochal construct – albeit one among the most naturalized today –, the birth of which non-exclusively ties to the European emergence of modern engineering between the 16th and 18th centuries (Vérin, 1993). And indeed, it may as such be argued that collapsing *paradox* into *problem* is just what we do nowadays, as 'late moderns'. In light of R. Williams' account, then, an important question arises: is it even possible to 'think' in terms of *paradox* today? Or, alternately, is it possible to 'think' without becoming mesmerized by the *problem-form*?

While such an endeavour exceeds the scope of the present article, one may indeed argue by reverting to R. Williams' theoretical grounds that not only is such paradoxical 'thinking' possible, but that it also has become vital nowadays. For the time being, however, let us turn to *Retooling*'s contextual backdrop: namely, technological change and 'globalization'. As enlightened by growing body of literature within EER (see for ex.: Lucena et al., 2008; Jesiek et al., 2010; Jesiek et al., 2014; Johri & Jesiek, 2014), ever more numerous white papers (Graham, 2018; Wall, 2010; NAE, 2004) and new international strategies and/or policies on the part of national engineering institutions (CTI, 2016; Matos et al., 2017), globalizing dynamics have had and continue to have deep and far-reaching implications for the engineering professions. In terms of engineering education, in particular, such dynamics have namely crystallized in what G. L. Downey calls: 'the newly dominant image of 'global engineering education',' (Downey, 2010, p. 3) which altogether captures the relatively new imperative of nation states 'to train [engineering] students for success in the global economy,' (Johri et Jesiek, 2014, p. 655) whether this has yet to translate into a formal, national policy emphasis on national competitiveness and innovation (as in the United States), on student mobility and employability (as in Europe), or on a balance of the two (as in Australia). (Borrego & Bernhard, 2011) With regards to our article's particular line of inquiry, another set of implications – which we propose to call *meaning-bound* – has recently emerged in ostensible reaction to this more visible *economy-bound* type. Yet, the two have so far mostly been treated separately. Apart from *Retooling*, a rare exception to this segregating tendency is: Downey & Beddoes (2010). As we go on to show, their relationship is vividly captured in *Retooling*, especially through its second chapter: *The Expansive Disintegration of Engineering*. Simply put, '[nation-centric ideals of] progress [had] a story line,' whereas '[global technological] change does not.' (Williams, 2002, pos. 232) The modern engineering professions have typically grounded their purpose and ontological status in thick national 'codes of meaning' (Downey & Lucena, 2004) (i.e. 'metrics of progress') – albeit obliquely, i.e. pretending to serve humanity as a

whole (hence G. L. Downey's coining of 'normative holism') –, but under the current 'disassembling [of] the national' (Sassen, 2006, pp. 166-300) such thickness of meaning seems to have 'flattened' to national economic progress. The engineering professions have thus varyingly been forced to find meaning elsewhere: i.e. beyond the national, often through transnational institutional discourses that convey a sense of bewildered centrality and urgency coterminous with recent and ongoing transformations in 'the state's positioning' and 'the condition of the national': (Sassen, 2006, p. 134)

> The field of power within which national states now function is constituted not only by the community of states but also by the formation of a new private institutional order linked to the global economy and by the rise of institutional orders comprising NGOs and human rights organizations. These significant, though not necessarily absolute, transformations in the condition of the national generally and the national state in particular raise the possibility of significant shifts in the architecture of political membership […]. […] The nationalizing of territory and allegiance [which prevailed until World War II] entailed encasing geographic territory into an elaborate institutional system: territory became state territoriality, and identity became nation-based citizenship. Some of the main dynamics at work today [i.e. since the early 1980s] are destabilizing these particular arrangements and bringing their historical particularity to the fore – not necessarily producing their downfall but making legible that other arrangements are possible. […] The destabilizing of national state-centered hierarchies of legitimate power and allegiance has enabled a multiplication of nonformalized or only partly formalized political dynamics and actors. […] These trends signal not only a deterritorializing of citizenship practises and identities, as is usually argued, but also their partial denationalizing. (Sassen, 2006, p. 134-135)

But as we propose to understand it here, such a 'denationationalizing' of engineering identities – which incidentally are (or were) also strong state-based identities, as clearly entailed by the concept of 'normative holism' – does not imply that they have *actually* 'gone global': i.e. whether institutional claims of global-ness are, will be, or never will be 'real' matters little for the sake of our argument. What does matter,

however, is the reality of underlying intents, and the sense of bewildered urgency-and-centrality that they convey: engineering *must* now exist *as-a-whole-on-a-global-scale*, *as if* the future of humanity inextricably tied to the future of engineering professions and depended on it. That such intents are 'real' matters crucially, because our own claim is that by discursively conflating the future of humanity with the future of engineering, the worldwide flag bearers of engineering professions and advocates of 'change' in engineering education have not only been asserting the advent and necessity of a new global and glorious role for engineering and engineers; they have also literally been claiming an existence for engineering *as-a-whole-on-a-global-scale* – i.e. a new ontological status –, thereby obliquely and *paradoxically* confronting the present and future possibility that engineering and engineers might have never mattered less.

Whereas explicit recognition of engineering's ontological crisis, as such, is admittedly rare, oblique references to (or veiled concerns regarding) the engineering professions' unrecognized and invisible social status abound in engineering institutional discourse and engineering education literature. As EER scholars Maura Borrego and Jonte Bernhard jointly underscore, 'improving public image and understanding of engineering' (Borrego & Bernhard, 2011) is one out of five underlying motivations (and thus, potential justifications) for doing (or engaging with) research in engineering education:

> In many nations, the brightest students are selecting careers other than engineering. This is often attributed to low status and poor general perception by the public for engineering: "It seems to be necessary to change the image of engineering work in the public opinion" (Hoffer, 2007, p. 20) because engineering contributions are "invisible" (King, 2008) and "engineering programs and the profession have a nerdy image" and are considered difficult. (Daudt, 2007, p. 25) These images are conveyed to students through the media, parents, teachers, and

> counselors. Creating more positive perceptions is a key recommendation in several recent engineering education reports. (Borrego & Bernhard, 2011, p. 16-17)

As we will see through a series of purposely selected examples, such oblique references come in various discursive forms that may schematically be organized along a rhetorical spectrum spanning from litotic- to hyperbolic-type – each in its own way asserting that engineering must now exist *as-a-whole-on-a-global-scale*.

Such discursive claims are therefore novel in two interrelated ways. First and most intuitively, the perceived need to produce such assertions of shared essence on the part of state-based engineering professions and, perhaps even more so, the traction and convergence they have gained worldwide, are newly emerged phenomena. With respect to the production of such ontological assertions, the American engineering profession ostensibly has acted as an early locator and stimulator of the 'movement from country to globe' (Lucena et al, 2008, p. 437), such that the struggles of American engineering institutions can often be taken as intense versions of an otherwise more elusive sentiment of ontological incongruence: that is, they can often be used as 'information-rich cases that manifest the phenomenon of interest intensely.' (Patton, 2003, p. 234) For the purpose of this article – following S. Sassen own focus on the United States as emblematic of the tipping-point reached at the turn the current 'global era' –, we therefore generally consider that the American engineering profession distills the overall perplexity surrounding the ontological status of engineering professions' worldwide. As S. Sassen centrally considers in her analytics of change, the United States are emblematic of how the epochal transformation undergone from the 1980s onward, and commonly known as 'globalization', translates on a national level. As she explains in relation to the major processes (which we do not detail here) underlying the contemporary transformation of the public-private divide, 'these various trends hold especially for the United States, although the growth of private authority in the 1990s is evident in a growing number

of countries in the global south and with much milder variants in the rest of the developed world.' (Sassen, 2006, p. 203) As to the American engineering institutions case, brushed upon earlier, this movement also allegedly dates back to the 1980s and may more broadly be understood as corresponding to what Ulrich Beck (2005) has termed 'internal globalization', or Saskia Sassen (2003), 'denationalization'.

Second and most importantly for us, however, the newly perceived need for engineering to exist *as-a-whole-on-a-global-scale* reveals a chasm between the hitherto conflated *teleological* and *ontological* dimensions of G. L. Downey's 'normative holism'. (Downey, 2012; Downey, 2014) Such a chasm is at the core of what 'expansive disintegration' (Williams, 2002, pos. 358) conceptually captures, yet this only becomes perceptible inasmuch as a paradoxical perspective upon engineering is adopted – as opposed to an exclusively problematizing one. In other words, if indeed engineering can be construed as undergoing 'crisis', such a crisis' nature, breadth and depth lie well beyond the engineering world and, thereby, preclude the possibility of conceiving of critical events as 'problems' or, for that matter, as corresponding to a solution domain remaining to be found and tapped into – no matter how often this has been (and continues to) be tried.

Section 1.2.1 therefore draws on S. Sassen's concept of 'denationalization' in order to clarify this first foregoing dimension of novelty. Section 1.2.2 draws on a selection of institutional discourses to clarify the second (sub)dimension of novelty. And ultimately, drawing on them both allows us to construct *Retooling*'s eventful-ness, as well as to foreground its present uneventfulness upon the backdrop of engineering (education)'s long-lasting debates on its own future.

1.2.1 Engineering's scales of meaning: no longer national, not yet global

> We are living through an epochal transformation, one as yet young but already showing its muscle. We have come to call this transformation globalization, and much attention has been paid to the emerging apparatus of global institutions and dynamics. Yet, if this transformation is indeed epochal, it has to engage the most complex institutional architecture we have ever produced: the national state. (Sassen, 2006, p. 13)

These were Saskia Sassen's opening words in *Territory, authority, rights: from medieval to global assemblages*, published in 2006. Much has changed since then, namely in terms of the meaning conveyed and power wielded by 'protectionism(s)'. Yet the fundamental dynamics of change uncovered through this book have not lost their relevance – quite the opposite (see for ex. Sassen, 2018, 2019). Her words in fact profiled the *ever more critical* idea that globalization can and indeed should be understood through 'the national'; and inversely, that some domains and dynamics that continue to be experienced as national are in fact 'instantiations of the global […] structured inside the national.' (Sassen, 2006, p. 13) To a much larger extent than is usually acknowledged, the epochal transformation we call globalization takes place inside the national through 'an enormous variety of micro-processes that begin to denationalize what had been constructed as national – whether policies, capital, political subjectivities, urban spaces, temporal frames, or any other of a variety of dynamics and domains.' (Sassen, 2006, p. 13) Such micro-processes are thus diversely 'oriented towards global agendas and systems' while at the same time being 'localized in national, indeed sub-national, settings.' (Sassen, 2006, p. 16) As such, they constitute a hidden dimension of globalization varyingly enshrined (or embedded) in the national; an invisible 'in-between' (Sassen, 2006, p. 19) or 'third' (Sassen, 2006, p. 23) dynamic which may well have become dominant in terms of diffusion and influence, but not yet prominent as *the* new formal organizing logic: 'For instance, at a time when industrial capitalism was the new dominant logic, most people in England still were employed in agriculture and much of the economy and

politics were centered in older social forms; industrial capitalism was *dominant but not prevalent*.' (Sassen, 2006, p. 23, emphasis added) In other words, the very concept of 'denationalization' contradicts the common 'notion that what the global gains, the national loses, and vice versa.' (Sassen, 2019, p. 74)

To a large extent, processes of denationalization may therefore be conceived as constituting the 'illegibility of [contemporary] foundational change' as it unfolds beyond the national-global dualism. As S. Sassen puts it:

> In using historical conjunctures as natural experiments to develop a more complex analytics of change, one can detect whether and how major transitions ushering novel arrangements, such as the shift from the feudal to the nation-state order, might depend on multiple capabilities of the older order. This 'dependence' is not necessarily easy to recognize, as the new organizing logic can and will tend to alter the valence of a given capability. (Sassen, 2006, p. 19)
>
> Early history […] offers us the possibility of seeing ex post the often considerable *illegibility of foundational change*. For example, there is scholarly consensus that at the end of the eleventh century it seemed incredible that feudalism, church, and empire would be challenged and come to be in many ways superseded by new logics of organization. By 1300 all three had started to give way to city-states, city leagues, and sovereign territorial states, even though these were not yet fully developed and recognizable as the dominant type of organization in the making. Yet one can find emergent capabilities. (Sassen, 2006, p. 30, emphasis added)

Foundational change can never fully be deciphered, especially by those who live while it is occurring, but its substance can presumably be traced and inferred – S. Sassen argues – through what she calls 'capabilities': i.e. '[collective] productions whose development entails time, making, competition, and conflicts, and whose utilities are, in principle, multivalent because they are conditioned on the relational systems within which they function.' (Sassen, 2006, p. 19) Such capabilities are historical, and historically decipherable, in the sense that they emerge at a certain

time and within a certain socio-historical context – 'whether in medieval times, the Bretton Woods era, or [from the early 1980s onward] the global era' (Sassen, 2006, p. 22) –, but can be dislodged, altered in meaning and carried across 'tipping points' in the overall shift from one historical order to a new one. In other words, 'a given capability can contribute to the formation of a very different relational system from the one it originates in' (Sassen, 2006, p. 19.), while in appearance perpetuating the old through institutional arrangements inherited from it: that is, now in U. Beck's 1986 wording, through 'a façade of intact reality'. Altogether, then, capabilities simultaneously found historical continuity *and* discontinuity: 'as they jump tracks [between relational systems] they are in part constitutive and at the same time can veil the switch by wearing some of the same old clothes.' (Sassen, 2006, p. 19)

Expanding on G. L. Downey's concept of 'normative holism', one may therefore argue that modern engineering is such a historically national capability, the 'territoriality' of which has varyingly crystallized into what can *now* be called (borrowing R. Williams' words) the professions 'formerly known as' engineering (Williams, 2002). As S. Sassen clarifies:

> Territory is not 'territoriality'. But territoriality as a legal construct that marks the state's exclusive authority over its territory has become the dominant mode of understanding territory. Historically, territoriality was a powerful innovation, and it has worked well to legitimate and cement the power of the modern state over a territory. It has traditionally been recognized as the primary basis of an international system, where the key organizing jurisdiction is that of the state's exclusive authority over its territory. (Sassen, 2013, p. 24)

These professions are 'formerly known as' engineering, then, because 'engineering' clearly remains as a capability, as something that ties the old and the new, yet *an* engineering profession today *no longer* can acquire meaning and ontological status exclusively based on *a* state's own territorialized ideal. In other words, insofar as 'normative holisms in the making of engineers have been a territorial phenomenon of

countries ever since the people and territories of France and Britain first evolved into countries and the identities 'ingénieur' and 'engineer' emerged (a century earlier across France than across Britain)', 'engineering' (as a category) has had virtually no measure of conceptual autonomy from the state. But the category itself has now become more open and ambiguous, partly as a consequence of globalization and so-called 'technological change', whereas traditional engineering institutions continue to conceive of it as their own, i.e. as referring to 'a segregated role of [technological] expertise and a segregated [educational] track.' (Williams, 2002, pos. 923) As R. Williams clearly expresses, the word 'engineering' no longer strictly stands for what professional engineers do as per current national or international quality assurance and accreditation criteria (see for ex.: Patil & Gray, 2009); it also (and perhaps mostly) is conceived as what everyone does when they 'do technology'; such that ultimately:

> There is no 'end to engineering' in the sense that it is disappearing. If anything, *engineering-like activities* are expanding. What is disappearing is engineering as a coherent and independent profession that is defined by well-understood relationships with industrial and other social organizations, with the material world, and with guiding principles such as functionality. Engineering is 'ending' only […] as a separate real. (Williams, 2002, pos. 360. Emphasis added)

As such, R. Williams strategically roots her own argument in engineering's dominant understanding of itself as a profession so as to compellingly argue that engineering's long-lasting 'quest[s] for a well-defined professional sphere' (Williams, 2002, pos. 922-923) should be relinquished. Yet it should be relinquished *not* because it is intrinsically vain – as many observers have long been arguing –, but because it is now bound to defeat its very own purpose (Williams, 2002, pos. 854-863): i.e. no matter how contingent and unfitting (Downey, 2014, p. 705), 'philosophically (in)adequate' (Mitcham, 2009) or utterly impossible (O'Connell, 2006) it may have been or still be, the fact of the matter is that engineering's institutional pursuit of autonomy must be

abdicated for the same laudable intentions which founded it in the first place: ‘engineering [as a profession] can save its soul only by losing it in the larger technological world.’ (Williams, 2002, pos. 923-924) Hence the paradox underlying the engineering professions’ new and convergent ontological claim: ‘technology changes the very institutions producing it’… (Williams, 2002, pos. 310)

> [Such that] Fearing that engineering [as a profession] might be marginalized, [forward-looking engineers and institutional representatives] want to make it even more comprehensive. […] Lockheed CEO Norman Augustine says that engineering should become socio-engineering. More artistically, Thomas Hughes, the pioneering scholar of technological systems, has proposed that engineering become a *Gesamtingenieurkunst*, a Wagnerian grand opera where music, words, and stage design are all brought together in one grand trans-disciplinary production. But this assumes that engineers are conducting the opera. […] The universe swells larger, but it remains self-enclosed […].(Williams, 2002, pos. 888-889)

Following how MIT’s engineering faculty members conceive of their own innovative work in relation to the ‘engineering [as] science’ ideal – i.e. what some have called ‘little-e engineering’, which prevailed for most of the 20th century, and from which a newer generation of faculty engineers is varyingly trying to depart –, R. Williams (2002) distinguishes two types of forward-looking perspectives upon engineering, both of which are seeking to repurpose ‘engineering’ by ‘getting back to practice’:

> One group of engineers looks to a renewed emphasis on design; the other group advocates a new emphasis on large technological systems. The interesting psychological and sociological differences between these two groups could be summarized as follows: the design advocates identify with entrepreneurs, the systems advocates with managers. (Williams, 2002, pos. 551)

As we will see shortly, hyperbolic-type claims such as the one staked above (by some of MIT’s engineering school most forward-looking representatives), are flourishing

nowadays, as they coalesce into what we have previously called: the engineering professions' claim to existence *as-a-whole-on-a-global-scale*.

So insofar as it rests upon a highly complex combination of new and old capabilities – one of which arguably is 'engineering', here understood as a historically national category embedded with paradoxical logics of problem-definition-and-solution we have come to call 'technology' –, globalization can be seen as a fundamental destabilization of the engineering professions through the nation-state's own destabilization. Yet globalization has neither eliminated the nation-state nor its institutional arrangements, quite the opposite. Present-day globalization depends on, stems from, and builds upon the national institutional apparatus such that 'the engineering school' – which according to R. Williams is 'the most obsolete institutional containers' within engineering – appears at once under a most familiar (inherited) and novel (futuristic) light. As S. Sassen puts it: 'the novel order is not an invention *ab novo*, and it does not necessarily announce itself as new, as radical strangeness – like science fiction or futuristic accounts' (Sassen, 2006, p. 21); hence the acute analytic difficulties posed by today's global era for 'the state-centric interpretation of history that has [so far] dominated the social sciences.' (Sassen, 2006, p. 17)

As we argue next, such a state-centric interpretation of history prevails in EER and engineering studies (broadly construed), thereby overshadowing the novelty that *Retooling* itself uncovers: the perceived need to produce new assertions of shared essence on the part of state-based engineering professions reveals a chasm between the hitherto conflated *teleological* and *ontological* dimensions of G. L. Downey's 'normative holism'. As we have begun to explore, engineering's 'expansive disintegration' may well constitute the engineering professions' simultaneous triumph (expansion) and collapse (disintegration), neither of which is understandable as fully national or fully global. In fact, both this triumph and collapse (i.e. the paradox) seem

to best be understandable as occurring ‘in-between’ the national and the global, in line with S. Sassen’s concept of denationalization: ‘the global also dresses itself in the clothing of the local, reshaping the national [as well as ‘engineering’ as a category] from inside.’ (Sassen, 2019, p. 74) Yet overlooking ‘this embedding of the global in the national […] will tend to set up a contest between the global and the national’ (Sassen, 2019, p. 74), which will in turn tend to conceal the paradox as it discursively reveals itself through the new transnational vitality expressed by all kinds of engineering institutions.

1.2.2 Existing as-a-whole-on-a-global-scale: engineering ontologies denationalizing

Somewhat characterizing the middle of the convergence spectrum mentioned earlier in that it blends fairly evenly the litotic- and the hyperbolic-type claims, nowhere – to our knowledge – has the ontological bewilderment of engineering professions been voiced more intensely and overtly than in the U.S. NAE report: *The Engineer of 2020*, published in 2004. In the answers that it provides, this report admittedly is a product of American culture which cannot be presumed whatsoever to extend beyond its own cultural substrate. Yet the questions from which it stems are representative of a much broader reality: one that is arguably felt – well beyond U.S. contexts and specificities – throughout engineering professions worldwide.

The report states its purpose in the following words, which we chose to quote at length in order to convey the full depth of the effort undertaken:

> [1] This report is the result of an initiative of the National Academy of Engineering that attempts to prepare for the future of engineering by asking the question, ‘What will or should engineering be like in 2020?’ Will it be a reflection of the engineering of today and its past growth patterns or will it be fundamentally different? *Most importantly, can a future be created where engineering has a broadly recognized image that celebrates the exciting roles that engineering and engineers play in addressing societal and technical challenges?* [2] How can engineers best

> be educated to be leaders, able to balance the gains afforded by new technologies with the vulnerabilities created by their byproducts without compromising the well-being of society and humanity? Will engineering be viewed as a foundation that prepares citizens for a broad range of creative career opportunities? Will engineering reflect and celebrate the diversity of all the citizens in our society? [3] Whatever the answers to these questions, without doubt, difficult problems and opportunities lie ahead that will call for engineering solutions and the talents of a creative engineering mindset. (NAE, 2004, p. 2, emphasis added)

We divided the quote in three parts in order to highlight the shifts in the breadth of its meaning. In specific relation to our argument, we understand the first and third parts as being particularly resonant with the fundamental perplexity and aspirations of contemporary engineering professions (i.e. their institutions). The second part of the quote, on the other hand – and notwithstanding the clarity that it adds to the introspective effort –, already seems to hint at specific elements of an answer or vision that may (or not) be attributable to American specificities. For example, it entails that insofar as the engineers of the future are 'able to balance the gains afforded by new technologies with the vulnerabilities created by their byproducts without compromising the well-being of society and humanity', they should be social leaders; or that engineering education should in the future 'be viewed as a foundation that prepares [all] citizens for a broad range of creative career opportunities', while at the same time still being called engineering.

In contrast, the first and third parts span a much broader range of answers and possibilities, while at the same time taking for granted engineering's mode existence as a profession (in a broad sense). Of particular significance in this respect is the very last sentence in the first part (italicized), which paradoxically conflates the broadly 'shared belief that engineers and engineering are key influences in the new form of the world and experience that we as human beings are creating,' (Christensen et al., 2012, p. *vi*) with a sense of overall underappreciation and uncertainty: 'can a future be created where engineering has a broadly recognized image that celebrates the

exciting roles that engineering and engineers play in addressing societal and technical challenges?' Our claim, then, is that such a question reflects a widespread ontological vertigo which is subtly being fought through a change in engineering's scale of meaning as-a-whole. As we go on to show, what is new here is not the engineering professions' struggles for existence as-a-whole per se, so much as the scale at which such an existence is now being claimed and fought for.

Litotic-type claims

At one extreme of the convergence spectrum, litotic-type claims of engineering's centrality come as prosaic statements that conflate more or less implicitly the essential relevance of 'engineering' in the present and future, with the ubiquitous character of 'technology' within contemporary life. At stake here is the engineering professions' recognition as the substance of ordinariness and, as such, of 'the survival and continued development of the world as we know it.' (Motes Jr., Dowling 2016, p. 4) As a quintessential example of the type, *l'Ordre des ingénieurs du Québec*[5] (l'OIQ) published in 2011 a short online video capturing the generic spirit of daily life in westernized cultures, while conflating it with the merits and implied essentiality of engineering work. Revealingly entitled 'Wherever you are, we are there'[6], the 22-second video displays a rapid sequence of images evoking the most unspectacular, and yet ubiquitous technological dimension of present-day realities. 'Engineering,' so construed, is framed as the taken for granted and invisible core of

---

[5] As can be read on the organization's official website, *l'Ordre des ingénieurs du Québec* (l'OIQ) 'is the second largest of the 46 professional orders charged by the Government of Quebec with the duty of protecting the public.' Founded by law in 1974 as a substitute to *The Quebec Corporation of Engineers*, 'l'OIQ now has over 62,000 members, representing more than 20% of all Canadian engineers.' (Available online: < http://www.oiq.qc.ca/en/aboutOIQ/Pages/history.aspx >)

[6] Ordre des ingénieurs du Québec (OIQ). 2011. Available online at: < https://youtu.be/RMnxV0vphBY >.

the ordinary everywhere, which in fact – are we meant to realize – is *no small thing*[7]. Taken in context, this video hence admittedly reasserts one particular engineering profession's situated commitment to a contingent version of technology-based social progress – a public reassertion which, moreover, came in reaction to a series of local critical events and public controversy. Better known in Québec as the 'Charbonneau commission' – named after its chairman, France Charbonneau –, the Commission of Inquiry on the Awarding and Management of Public Contracts in the Construction Industry [or in French: Commission d'enquête sur l'octroi et la gestion des contrats publics dans l'industrie de la construction (CEIC)] was enacted by the provincial government of Québec on October 19th 2011, with the mandate of (1) inquiring into the breadth and depth of collusion and corruptions schemes involving private organizations (several of which were engineering firms), provincial government organs, municipalities, and organized crime; and (2) make recommendations as to track, resolve and prevent the problem. Because of the many engineers involved in the wrongdoings uncovered by the Comission, one could think that the Québec engineering profession would suffer reputation damage. The video discussed above was released by OIQ just as controversy was raging, as a part (or at least in preparation) of a broader 'valorization campaign' which itself arouse controversy within the profession. This is how the video reasserts one particular engineering profession's situated commitment to a contingent version of technology-based social progress. Yet it also vividly expresses a sentiment resonating well beyond the reality of a French Canadian province. Through highly generic images and symbols of today's global scale, the video captures the contradiction previously mentioned, which permeates contemporary engineering institutions: their role in 21st century

---

[7] A making-off of the campaign video which was published only in French actually makes this underlying argument much more explicit. See: Ordre des ingénieurs du Québec (OIQ). 2012. Available online at : < https://www.youtube.com/watch?v=JZ5h-LePQbc >

society is construed as being ever more crucial and central, at the very same time as they are varyingly being signalled of (and threatened by) their own relative obsolescence; hence Rosalind Williams' paradoxical proposition that, 'while "technology" expands its rhetorical reach, that of "engineering" shrinks.' (Williams, 2002, pos. 228)

Although often in defence of arguments entirely opposite to her own (in *Retooling*), these last words have found resounding echoes over the past fifteen years. As illustrated in 2016 through the seemingly strange alliance of C. D. Mote Jr., Dame Ann Dowling and Ji Zhou – each respectively acting at the time as Presidents of the U.S. National Academy of Engineering (NAE), Royal Academy of Engineering (RAE), and Chinese Academy of Engineering (CAE) –, a movement toward 'challenge-based approaches' to engineering may well be spreading globally, in an attempt (vaguely witting) to confront the aforementioned paradox:

> Rarely has an idea captured the imagination of a profession, policymakers, and the general public as rapidly and forcefully as the Grand Challenges for Engineering. […] Identified in 2008 by a committee of 18 distinguished engineers, scientists, entrepreneurs, and visionaries, the Grand Challenges [for Engineering] present 14 goals to ensure that human life as we know it can continue on this planet. Substantial effort went into selecting the Grand Challenges. The committee received the counsel of thousands from around the world, and more than 50 subject matter experts reviewed its report. […] The premise of the Grand Challenges is straightforward but essential: How can a high quality of life and security be maintained and extended worldwide in the 21st century? This is not a national idea, a business idea, or a government idea. It is an idea that encompasses everyone on the planet.
>
> […]
>
> [Yet] The Grand Challenges have also called attention to the need to stop using the word 'technology' when 'engineering' is meant. Technology is an outcome [of engineering]; it is not engineering [itself]. If the public hears nothing about engineering, how can people develop a correct

> understanding about engineering and what engineers do? Solving the Grand Challenges will require contributions from many professions in addition to engineering because the Grand Challenges are engineering system problems. Public policy, law, medicine, international relations, and science (including the social sciences and culture) and all of humanity must be engaged if solutions to these challenges are to be created and implemented. But engineering will play a leading role in their solutions. (Motes Jr., Dowling & Zhou, 2016, p. 4-5)

Basically – are we meant to understand –, 'engineering and what engineers do' has become the object of a *global misunderstanding* (or '(mis)perception'[8]), as it has been and still is repeatedly conflated with (and veiled in the haze of) 'technology'; hence the general necessity for 'people' to 'develop a correct understanding about engineering', if engineering is to centrally contribute to 'solving' the Grand Challenges that weigh on us all. Hence also the unsuspectedly global message of an institution as un-globalized as l'OIQ: although the video's denotative (or first level) meaning admittedly is highly situated in space and time – as we have seen –, its connotative (or second level) meaning echoes the Presidents' far-reaching and mixed messages, as well as their underlying bewilderment.

In crisis here, then, on a most fundamental level, is engineering's ontological motive rather than its identity: engineering's modern existence as-a-whole, under the integrated form of a meaningful and historically nation-centric professional ideal – the invariant core (or symbolic integrator) of which is captured by G. L. Downey's concept of 'normative holism' –, has become so symbolically incongruent that institutions (or even entire professions) are *bewilderedly experienced* as ever more *socially invisible*, at the very same time as they are *most logically construed* as ever more *central* to the current Zeitgeist. Discursive examples abound worldwide that

---

[8] Tiré de: NAE's Changing the Conversation (CTC), en ligne: < http://www.engineeringmessages.org/25261/25269.aspx >, page visité le 18 mars 2019.

carry such a connotation beyond infinitely various denotative meanings, although (as mentioned) the density of such litotic discourses appears particularly high in the United States.

As an intense American version of such litotic-type claims, then, is a comic strip co-developed in 2012 by the U.S. NAE as a part of its long-lasting campaign: *Changing the Conversation* (CTC) (see Figure 1.1). This specific comic strip was meant 'to highlight a field that's often overlooked in discussions of STEM (science, technology, engineering, and math) education – engineering.'[9] As in l'OIQ's video, engineering's taken for granted and invisible character is cordially admonished. Slightly differently, however, the comic strip sets the argument against the cool, highly mediatized and vibrant image of new technologies (versus the invisible character of older technologies, as depicted by OIQ). In fact – are we here meant to realize –, technology has become so cool that one even forgets that it is engineering in the first place. In other words, if new technologies are so obviously cool, one must admit that engineering's uncool image is utterly unwarranted.

---

[9] NAE's CTC Blog, 'Changing the Conversation... with a comic strip!,' posted on September 25, 2012 by Nicole Flores, < http://www.engineeringmessages.org/TakeAction/TheCTCBlog/29249.aspx >.

Figure 1.1 The comic trip "Bleeker the Rechargeable Dog" (Jonathan Mahoo, 2012), featuring engineering as a cool topic for primary school (K-12) classroom projects

Regardless of intensity, however, both l'OIQ and the CTC campaign's arguments hold only insofar as ubiquitous 'technology' or 'technological change' can *still* be conceived as a direct and exclusive outcome of 'engineering' (the profession) – a premise which has become increasingly flawed. (Williams, 2002; Downey, 2005)

Hyperbolic-type claims

In contrast with this last rhetoric of humble conceit, greater recognition of engineering's centrality perhaps is more frequently or at least more conspicuously called for through hyperbolic-type claims, which come in the form of eulogies, epic accounts of historical achievements, or grand mission statements. As it encompasses all such discursive forms while at the same time expressing the same contradiction and bewilderment as foregoing litotic-type claims, the *Grand Challenges for Engineering* project (convened by the U.S. NAE since 2008) appears as a paragon of engineering's overall ontological vertigo facing the future. Through it, the Chinese and American engineering professions are paradoxically coming together as allies against an evil ostensibly greater than the latter's 'global un-competitiveness' and 'disturbing[ly]' declining image, as compared with the former's soaring production of

engineers[10]. As intensely expressed in May 2018 by Dr. C.D. Mote, Jr., in an exclusive interview to Scientia:

> The Grand Challenges for Engineering project was conceived to raise public awareness – especially among young people – of some of the biggest global issues of our time and the roles that engineers and engineering must play in addressing them. […] The Grand Challenges for Engineering are global-scale engineering system challenges whose solutions will depend on contributions from around the world. *The grand challenges are arguably the clearest and most compelling explanation of what engineering is for students and the public alike because they illustrate both the vast span of the field of engineering and how engineering serves people and society, both not generally understood*. This is the first global vision for engineering in history. […] Our planet's very survival, as we know it, depends on satisfying many of these challenges. In addition, the vision, underpinned by the Grand Challenges is the first engineering vision that mandates global perspective. The vision cannot be realised by a few nations, though a few nations can inspire attention to it. Each grand challenge needs to be achieved in all global locales and circumstances. […] Because the vision is about life for all, this is a rare circumstance where people everywhere, across diverse cultures and countries, share in the importance of the Grand Challenges. There are no losers in this vision. […] *From the beginning, we recognised that the Grand Challenges for Engineering are not US grand challenges but are global grand challenges whose solution serves all people so international engagement is necessary. This is a first in history*. (Mote, 2018, as reported by Scientia)

Basically – are we now meant to understand–, the ultimate finality of engineering in our time has (or must) become that of 'serv[ing] people and society' on a global scale – i.e. beyond any national agenda (economic or else) – by coming together (i.e.

---

[10] For a vivid illustration of the paradox, see the rhetorical content of NAE's national communication campaign *Changing the Conversation* (CTC), in dialogue with NAE's international communication campaign on Engineering Grand Challenges: i.e. Mote et al., 2016, in dialogue with 'The Problem: global uncompetitiveness,' online: < http://www.engineeringmessages.org/25261/25265.aspx >, consulted on November 11th 2018.

existing) *like never before in history* as a globally integrated profession facing the threats to 'our planet's very survival'; in the 'rare circumstance' that humanity is now facing, any smaller or more confining 'explanation of what engineering is' (i.e. of its mode of existence as-a-whole) would plainly be meaningless in the eyes of the public, just as it would fail to inspire young people to want to become engineers, or those already in the profession to rise to the challenges: 'The Grand Challenges for Engineering project was [therefore] conceived to raise public awareness – especially among young people – of some of the biggest global issues of our time and the roles that engineers, and engineering must play in addressing them.' (Mote, 2018, as reported by Scientia)

Irrespective of such a vision's feasibility and reflexive-ness – or lack thereof (Riley, 2012; Mitcham, 2014) –, from an ontological perspective, President C. D. Mote, Jr. is indeed asserting a *new* kind of shared essence (or holism) for engineering. This essence admittedly builds on the age-old normative holism – in some sense even prolonging its fundamental axiology –, yet it also radically breaks with it on an ontological level: i.e. in calling for such a wholly global ontological status for 'engineering', is President C. D. Mote, Jr. not precisely (if implicitly) recognizing how enormously plural, localized, disintegrative engineering's ontological core has become, while at the same time framing this 'disintegration' as *the* most fundamental problem in the face of 'the biggest global issues of our time'? That is, is he not at once acknowledging and problematizing the 'multipl[icity] [of] normative holisms' (Downey, 2014, p. 705) along with their national ontological grounds, thereby conceiving of the variety of nationalisms as a central cause in engineering's own current demise? And as such, is he not actually framing 'the true grand challenge for engineering' as that of surviving as a separate whole on a most basic (ontological) level facing normative holisms' loss of meaning on a national scale – and so, framing this grand challenge as a fight against engineering's own symbolical-institutional

‘disintegration’ (and indeed ‘dissolution’) by ‘technology’ through every nation-state’s pursuit of global competitiveness?

As historical ‘normative holisms’ (Downey & Lucena, 2004; Downey, 2007; Downey, 2012) have varyingly reduced to (or been conflated with) concerns of global mobility and economic competiveness (see for ex, : Lucena et al., 2008; Jesiek et al., 2010; Jesiek et al., 2014; Johri & Jesiek, 2014), little indeed seems to remain at present for the engineering professions to inspire and claim existence as a distinctive and meaningful social category on a national scale. As R. Williams observed back in 2002, with respect to the American engineering profession:

> The importance of these [laudable] goals has not disappeared, but the rhetoric of engineering no longer emphasizes them. Instead, it dwells almost exclusively on technological innovation as an end in itself, with market performance as the measure of success.’ (Williams, 2002, pos. 355)

Such a trend has neither receded nor confined itself to the United States over the past fifteen years – quite the opposite –, such that the U.S. NAE’s *Grand Challenges for Engineering project* may well be conceived as an intense reaction to engineering’s growing vacuity as a national category of meaning. As Jennifer M. Case observed from her South-African perspective, ‘no matter where you are based [in the world today], the education and training of engineers is seen as a national priority, often framed in terms of national economic progress.’ (Case, 2016, p. 279) From an American perspective, one might translate such a priority as more dramatically meaning that ‘a nation that does not embrace innovation will soon be left behind in the 21st century economy.’ (Members of the 2005 ‘Rising Above the Gathering Storm’ Committee; Prepared for the Presidents of the National Academy of Sciences, National Academy of Engineering, and Institute of Medicine, 2010, p. 42) And indeed, given ‘globalization’ – or more specifically, ‘given the factors […] that militate against creating (or preserving) jobs in the United States’ –, the members of

the U.S. born and bred *Rising Above the Gathering Storm* Committee have been wondering on behalf of the National Academies: 'how […] is America to maintain, or preferably enhance, the future standard of living of its citizenry?' (Members of the 2005 'Rising Above the Gathering Storm' Committee; Prepared for the Presidents of the National Academy of Sciences, National Academy of Engineering, and Institute of Medicine, 2010, p. 42) Regardless of intensity, however, the underlying trend remains the same worldwide: the national constitution of engineering (education) and reciprocally, the constitution of the national through engineering (education), are foundational patterns that have so far endured through localized versions of the progress ideal (Downey, 2012), yet the hitherto inspiring character of this relationship has now eroded. Quite plainly – as brushed upon earlier –, '[state-centric] progress [had] a story line; [global technological] change does not':

> Technological innovation resembles but hollows out the idea of progress. Progress [used to be] measured in reference to human-defined goals [as per, namely, a nation-state's own 'metrics of progress']: change and innovation are measured by market success [now mostly as a function of national competitiveness]. Market-driven innovation may tend to move in certain directions (Moore's Law, globalism, systems integration), but those directions are defined less by human purposes than by the rules of the market and the inner workings of technology itself. […] Today's ideology of history as technological innovation turns the market, the motor of capitalist acquisition, into the motor of history itself, with technology as its agent. (Williams, 2002, pos. 232)

To a large extent, then, normative holisms no longer ground the engineering professions' ontological status as they used to and may, as such, be conceived as varyingly resilient remnants of a recent past: 'while claiming to produce engineers to work for humanity as a whole, the makers of engineers have actually […] follow[ed] localized pathways that respond[ed] to distinct dominant images of material progress' (Downey, 2012, p. 233); that is, in seeking and pretending to advance humanity as a whole 'they [used to] hitch their identities to country trajectories that [had] scale[d]

up to dominance.' (Downey, 2012, p. 247) But these countries' trajectories and dominant images of material progress have now been superseded, even if partially and varyingly, under the 'epochal transformation' we have come to call 'globalization' (Sassen, 2006, p. 13); and so have also – as the foregoing examples illustrate – the engineering professions' ontological anchor in the national. In other word, the engineering professions have now largely come to seek new meaning for themselves (or repurpose) through scale.

1.3 *Retooling* as a 'non-event' in engineering education

So what might all this mean for engineering education? If less emphatically than as expressed by President C. D. Mote, Jr. and his counterparts, 'challenge-based approaches' have indeed seemingly been proliferating within engineering education. (Malmqvist et al., 2015; Motes Jr., Dowling & Zhou, 2016; Kohn Rådberg et al., 2018) As recently observed by Swedish EER scholars, 'the [grand challenges] concept has […] inspired many novel educational developments to describe themselves as 'challenge-based learning [CBL] experiences' (Kohn Rådberg et al., 2018, p. 1), in an effort to 'move towards socially-relevant and outward-facing curricula.' (Graham, 2018, p. 39) As such, these 'novel education developments' may constitute the 'growing, global grass-roots movement' which the Presidents alluded to in their 2016 joint statement – actually suggesting that such a movement's impetus now lies well beyond U.S. NAE's initial *Grand Engineering Challenges* project, or any other tentative point of origin: hence 'the power of [the] idea.' (Motes Jr., Dowling & Zhou, 2016) Allegedly allowing engineering (education) to 'embrac[e] authentic, active learning; [to] offer choice in problem solving and learning practices and enabl[e] training in multidisciplinary teamwork and decision-making; as well as [to] harness the desire of many students for a sense of meaning in their education,' (Kohn Rådberg et al., 2018, p. 1) the benefits of CBL would ultimately tend to be reaped by 'globally leading engineering programmes' (Kohn Rådberg et al., 2018, p.

1) as per Ruth Graham's recent 'global state of the art in engineering education.' (Graham, March 2018) That is, its benefits would mostly tend to be reaped by 'emerging leader' institutions located (namely) in the global south (i.e. Asia and South America), typically delivering radically innovative curricula 'designed from a blank slate' or resulting from recent systemic reforms – as opposed to being reaped by 'current leader' institutions typically located in high-income countries, but also typically locked into well-established programs and rigid curricular structures hardly amenable to anything else than 'bolt-on' innovations (Graham, March 2018, p. *iii*). In a recent report commissioned by Massachusetts Institute of Technology's (MIT) *New Engineering Education Transformation* (NEET) initiative, which is 'charged with developing and delivering a world-leading program of undergraduate engineering education at the university,' (Graham, March 2018, p. *ii*), R. Graham accordingly concludes that:

> Key innovations that will define the next chapter of global engineering education are unlikely to be new teaching techniques or curricular components, but rather *how programs are managed, structured and delivered in practice*. In particular, […] thought leaders anticipated that the next generation of [institutional] leaders in the field would be those that incorporated best practice [i.e. those of 'emerging leader' institutions] into a coherent and integrated curriculum that could be successfully delivered to large cohort groups and under constrained budgets. (Graham, March 2018, p. 45. Original emphasis)

That is: next generation leaders would be those that incorporated the practices of 'emerging leader' institutions *while scaling them up*, typically 'through a blend of off-campus personalized online learning and on-campus hands-on experiential learning,' such that 'most of the [engineering] fundamentals will be learned online' with 'a greater sharing of materials *between universities*' to reduce costs.' (Graham, March 2018, p. 45. Emphasis added) That is (in S. Sassen's words), the learning of engineering fundamentals might occur in 'new types of bordered spaces […] [that

would] cut across state borders' so as to create 'a distinct, albeit partial jurisdiction not generated by or dependent on the state itself.' (Sassen, 2013, p. 38)

In both echoing and anticipating such trends, then, what President C. D. Mote, Jr. is ultimately signifying on behalf of an influential network of engineering institutions and in resonance with a 'growing, global, grass-roots movement' (Mote et al., 2016, p. 5) spearheaded by 'a disruptive force [of 'emerging leader' institutions] that will [arguably] cause the whole landscape of engineering education to change' (Graham, March 2018, p. 46), is that *if* engineering is to prevail as a meaningful social category facing engineering's loss of meaning on a national scale, *then* its national constitution (or historical mode of existence as-a-whole) must urgently be re-geared toward the only scale of 'problem definition and solution' (Downey, 2005) (in G. L. Downey's words) which still remains meaningful: that is, the global scale. As R. Williams foresaw in 2002, 'the [engineering professions'] universe swells larger, but it remains self-enclosed […]' (Williams, 2002, pos. 888-889), such that 'engineering' no longer can be construed as national or even international – since 'international' refers back to the historical logics of the national, i.e. territory as territoriality (Sassen, 2013), and the 'varieties of internationalism' it fostered (Sassen, 2006, pp. 136-140; see also: Schot & Lagendijk, 2008; van Meer, 2012; Andersen, 2017). More likely, this swelling universe of 'engineering' is now 'denationalized' and still 'denationalizing', as it still mostly 'look[s] national but [is increasingly] geared toward global agendas,' (Sassen, 2013, p. 38) in the ultimate hope of safeguarding its institutional self-enclosed-ness.

Reflecting such a spirit, then, EER's claim of global-ness (see for ex,: Lohmann, 2008; de Graaff & Lohmann, 2008; Jesiek et al., 2010; Borrego & Bernhard, 2011; de Graaff, 2014) as a field of scientific inquiry has also – if somewhat *surreptitiously* – been joining forces with the engineering professions in their sweeping effort to assert a new global essence for themselves. This alliance of EER with the engineering

professions is ‘surreptitious’ in the sense that it seems to have largely occurred *in spite of* engineering academic staff (faculty)’s general lack of recognition of EER as a change agent (Froyd & Lohmann, 2014; Borrego & Bernhard, 2011). Hence, namely, R. Graham’s conclusive remark whereby ‘key innovations that will define the next chapter of global engineering education are unlikely to be new teaching techniques or curricular components [as is typically asserted by EER scholars], but rather *how programs are managed, structured and delivered in practice*.’ (Graham, March 2018, p. 45. Emphasis added in italic)

As EER scholars Jeffrey E. Froyd and Jack R. Lohmann incidentally confirm in the first chapter of the *Cambridge Handbook of Engineering Education Research*, the dominant EER narrative chiefly builds its own global mission and relevance upon the engineering professions’ new and growing ontological claim of global centrality, while at the same time fighting these professions’ very own resistance. Framed as a *natural* response to the current deficit in ‘quantity and quality of engineering talent […] to address society’s challenges’, the field of engineering education’s ‘ontological transformation […] into engineering education research [EER]’ has been poised for global impact as it presumably superseded the necessity for ‘the intuition-based approaches of the past’, so as to provide ‘more scholarly and systematic approaches based on the learning sciences.’ (Froyd & Lohmann, 2014, p. 5-6) And yet, EER’s ‘recognition and acceptance [as a reform, improvement, and change mediator] within the broader engineering community remains a challenge.’ (Froyd & Lohmann, 2014, p. 11; see also Herman & Lowenstein, 2017, p. 4)

Come what may – is it generally considered –, the ever more critical circumstances facing today’s world and corresponding need for *a new kind of engineer* make it legitimate for EER to pursue change through its own preferred channel (i.e. the learning sciences), somewhat *against* ‘the broader engineering community’. A variety of concepts have variously been used in EER to convey the necessity of such a new,

global figure of the engineer in the 21st century: for example, the Renaissance engineer (Borri, 2003), the engineer of 2020 (NAE, 2004), the global engineer, the complete engineer (de Figueiredo, 2014), or more plainly, the 21st-century engineer (Sheppard et al., 2008). This mission is pursued somewhat *against* 'the broader engineering community', such that 'stories of defeated change efforts are all too common in the engineering education research community' (Herman & Loewenstein, 2017, p. 4):

> While our community has been making calls for change, our collective experiences have been that change is slow and hard (Borrego & Henderson, 2014). We chafe as we seek to promote 'evidence-based instructional practices' (broadly defined in this editorial to include improving learning and climate, admissions policies, and curricular design), only to find our colleagues [i.e. engineering faculty] continue to use ineffective instructional practices or perpetuate practices that alienate groups of students. […] The irony is that while chafing at their rejection of the evidence, we do the same thing as we try to bring about change in ways that are not supported by evidence. […] The change research literature indicates that change agents are better served by engaging the values and interests of those involved, listening and telling stories, and creating just systems. (Herman & Loewenstein, 2017, p. 4)

While working at convincing 'the broader engineering community' otherwise, however, EER scholars themselves generally come to conceive of the engineering professions as already *existing as-a-whole-on-a-global-scale* (see Godfrey & Parker, 2010), such that in turn:

> EER [conceives of itself as] a complex field that will require many creative approaches to attract a diverse group of students [into engineering] and prepare them to solve problems in sustainability, climate change, civil infrastructure, energy, and public health. *More than ever before* [considering the depth and scale of challenges facing engineers, but also EER's legitimacy issue within the broader engineering community], *we* [EER scholars] *will need to bridge international perspectives, disciplinary values, and education research and practice.* (Borrego & Bernhard, 2011, p. 38. Emphasis added)

In other words: we, as EER scholars, will need to come together *like never before in history* so as to match the expansion and growing centrality of the engineering professions. Or, as EER scholars Sheri D. Sheppard, James W. Pellegrino and Barbara M. Olds suggested in their 2008 guest editors' foreword to the *Journal of Engineering Education* – entitled *On Becoming a 21st Century Engineer* –, EER has never mattered more *because* 'engineering and engineers have never mattered more': (Sheppard et al., 2008, p. 231)

> Technical and non-technical issues are inextricably and increasingly linked, as the boundary between 'autonomous, non-human nature and human generated processes' becomes increasingly blurred; R. Williams describes this linked state as 'a hybrid world'[11]. As a consequence, what engineers do is increasingly and intimately involved in creating and shaping this multi-faceted and highly integrated world. In other words, engineering and engineers have never mattered more. […] All of this makes for a challenging environment within which to design and deliver quality engineering education. […] Ultimately, it is up to each of us through our informed actions to help assure that we have the right people, learning the right things, and in the right ways if we are to graduate well prepared to contribute to the future. (Sheppard et al., 2008, p. 231, 233)

Yet in authoritatively quoting R. Williams as such, these authors reassert engineering's centrality as a profession *against* the actual gist of *Retooling*'s argument: i.e. they infer from it the seemingly natural necessity of extending engineering education's realm of intervention by opening it up to 'disciplines beyond engineering [so as] to make [students] better engineers and more informed human beings and citizens.' (Sheppard et al., 2008, p. 231, 233) But engineering's institutionally segregated educational tracks remain ever unquestioned.

---

[11] S. D. Sheppard, James W. Pellegrino & Barbara M. Olds here quote: Williams, 2002, p. 31.

As we argue elsewhere (see chapter 3), this has been a most typical way of interpreting *Retooling* while investing the new field of EER with a heightened sense of purpose and unity. Overs the past two decades, the engineering education literature has burgeoned with papers and editorials that illustrate how the achievement of a global community of scholars is perceived as essential to the development of quality in engineering education. For an overview, see: Froyd & Olds (2014). Epitomizing the movement, however, is the initiative called *Advancing the Global Capacity for Engineering Education Research* (AGCEER), which was launched in 2008 by *Journal of Engineering Education* (JEE)'s Jack R. Lohmann and *European Journal of Engineering Education* (EJEE)'s Erik de Graaff, who at the time both acted as chief editors. As they jointly put it:

> Just as engineering excellence depends critically on engineering research and development, excellence in engineering education depends critically on research and development in engineering education. However, globally, engineering education development is a more mature field in comparison to engineering education research, which is still in its infancy, both in terms of its philosophical structure and physical infrastructure. Because research and development are mutually complementary activities each enhancing the other, there is a need to enhance the global capacity for engineering education research to better leverage the global developments in engineering education innovation. (de Graaff & Lohmann, 2008, p. 2.)

As such, EER has thus come to conceive of itself as 'a rising global discipline' (Lohmann, 2008; see also: de Graaff & Lohmann, 2008; Jesiek et al., 2010; Borrego & Bernhard, 2011; de Graaff, 2014) supporting both engineering educators and engineering professions in their sweeping effort to take 'responsib[ility] for the education of the next generation of engineers' (Graham, 2012, p. 1): that is, in their effort to transition to what might be conceived as their 21st-century selves (see for ex.: Gabriele, 2005; Sheppard et al., 2008; Graham, 2012; Graham, 2018). Yet in so doing, EER scholars have also tended to construe of certain dimensions of

engineering education as national – typically teaching traditions and practices – and of others as global – typically certain research outcomes and, more recently, 'global engineering competencies'. As such, an over-arching goal of EER has become to strike the right balance between national and global research agendas (see in particular Borrego & Bernhard, 2011), while scholarly contributions have varyingly tended to build the field as one that is (or should be) driven by a global research-based capacity to support 'architects and deliverers of today's engineering education' in 'creat[ing] programs that form engineers capable of confronting tomorrow's challenges.' (Sheppard et al., 2008, p. 231) In other words, they have strongly tended to echo the engineering professions' global call to arms facing today's 'grand challenges' and the threat they pose to 'the survival and continued development of the world as we know it' (Mote Jr. et al., 2016, p. 4); yet at the same time, they ostensibly have failed to realize that such an interpretation of engineering education might overshadow what actually is going on.

1.4 Conclusion

Such is thus the backdrop of 'epochal transformation' against which *Retooling* appears under its most eventful light and, conversely, the discussion-scape upon which it has so far largely remained invisible, i.e. as a 'non-event'. As now should appear more clearly, such uneventfulness does not imply that *Retooling*'s publication went unseen over the last fifteen years, or that its propositions were received as insignificant by the broad engineering education community – quite the contrary. Rather, construing of *Retooling* as a 'non-event' opens the possibility to inquire into the details of how its ontological depth may have gotten deemphasized as such: i.e. how has *Retooling* been cited up until now? How might its success within EER have ended up diminishing its ontological value and significance, rather than the opposite? Or more positively stated: how might *Retooling*'s most valuable and significant insights facing today's 'epochal transformation' be more fully captured, brought to

the fore and built upon in the future, within engineering studies? This will be investigated in an upcoming article.

As Johan Söderberg puts it in resting his argument on *Retooling*, 'it must be granted to the [3D printing] hobby-engineers [as opposed to the formally educated, professional engineers] that they have not exempted themselves from the forces which they are partly responsible for unleashing.' (Söderberg, 2014, p. 19) Such 'hobby-engineers' are now a part of all those – 'data scientists' (van der Aalst, 2014), 'flash boys' (Lewis, 2014, pos. 1667-1673) and many others – who do 'engineering' in the newly dominant (technology-conflated) sense of the word, while *not necessarily* having 'negotiate[d] the [institutional] pathways associated with becoming an engineer.' (Sheppard et al., 2008, p. 233; for a broader perspective on the new ambiguity of the words 'engineer' and 'engineering', see: Downey, 2005) And 'indeed – J. Söderberg clarifies –, their collective existence as a community of hobbyists is presupposed by an ongoing crisis of the engineering profession' (Söderberg, 2014, p. 19): i.e. its 'expansive disintegration.' Yet EER has largely overlooked such a phenomenon along with its socio-political implications: in 'becoming a 21st century engineer' nowadays, one no longer has to 'successfully negotiate the pathways associated with becoming an engineer.' (Sheppard et al., 2008, p. 233) So if, indeed, 'engineering' is often meant when using the word 'technology' – as the Academies' Presidents asserted and admonished at once in 2016 –, there might now be reason to think that 'technology' *also, and perhaps even mostly*, makes the engineer – instead of the other way around.

1.5 Épilogue de l'article 1

Cela a été évoqué : pour comprendre le propos de R. Williams tel que nous l'avons fait dans le cadre du précédent article, *Retooling* se devait notamment d'être pleinement envisagé sur le fond de *La société du risque* d'Ulrick Beck, et même en

tant que son prolongement. Nous y reviendrons tout au long, et plus spécifiquement au chapitre 3, puisque l'article 2 qui le constitue prolonge l'article 1 qui s'achève ici, l'un et l'autre ayant à la base formé un seul et même manuscrit. Notons cependant dès à présent que pour décrire dans les mots de Beck ce qui s'est passé au MIT, et que Williams (2002) a mis en récit, il faudrait dire qu'il y eut raisons et conséquences d'*effondrement*.

> Les monopoles nés avec la modernité et inscrits dans ses institutions s'effondrent; *les monopoles s'effondrent, mais les univers ne s'écroulent pas* : monopole de la science sur la rationalité, monopole des hommes sur la vie professionnelle, monopole du couple marié sur la sexualité, monopole de la politique sur la politique. (Beck, 2008, p. 487)

Effondrement d'un monopole institutionnel par perte de sa substance propre, donc, mais sans pour autant qu'il y ait *écroulement* de l'univers de l'ingénierie en tant que tel : maintien de la structure institutionnelle et de tout ce qu'elle comprend (programmes de formation ou d'encadrement; services au public, aux professionnels ou aux étudiants; normes et règlements, le cas échéant; etc.), et que l'on s'efforce d'ailleurs sans cesse et partout de rendre plus innovants. De là la « réalité de façade de la société industrielle, qui est conservée intacte », et « le regard faussé que l'on [tend à ce jour à] porte[r] sur cette évolution » (Beck, 2008, p. 487). De là, également, le caractère tout à fait contre-intuitif du propos défendu dans *Retooling*, et – nous l'avons vu – sa part de « non-événement ».

Dans les mots de Beck, encore une fois :

> On se rend donc compte que le projet de la modernité, qui s'est concrétisé historiquement sous la forme de la société industrielle, est dans le même temps *institutionnellement tronqué*. Dans certains principes essentiels [...] la *réalisation* de la société industrielle implique sa *suppression*. [...]

> La modernisation réflexive qui s'inscrit dans le contexte d'une démocratie *ultradéveloppée* et d'une scientificisation *très poussée* conduit justement à un *effacement* caractéristique *des frontières* entre science et politique. La maîtrise de la connaissance et la transformation sociale cessent d'être des monopoles, et sortent des espaces qui leur étaient jusqu'alors attribués; elles se généralisent et se diffusent sur un mode nouveau. […]
>
> [De sorte que] Si l'on s'en tient à la distinction entre modernisation de la tradition et modernisation de la société industrielle, on peut dégager deux configurations distinctes dans le domaine de la science, de la pratique et de l'opinion publique : scientifisation simple et scientifisation *réflexive*. […] La logique évolutive de la première phase repose sur une semi-scientifisation, une scientifisation *tronquée* dans laquelle les visées de la rationalité scientifique – monopole de la connaissance et rationalité émancipatrice – échappent encore à l'utilisation méthodique du doute scientifique. La seconde phase repose sur une scientifisation *extrême* [complète, ou qui ne serait pas « tronquée »] qui soumet au doute scientifique jusqu'aux fondements intrinsèques et aux conséquences externes de la science elle-même. […] Le passage d'une configuration à l'autre s'opère donc bien dans la *continuité* de la scientifisation, mais il entraîne une *transformation radicale* des relations qu'entretient le travail scientifique à l'intérieur et à l'extérieur de son domaine propre. (Beck, 2008, p. 338-342)

À aucun moment de son livre, Beck n'aborde de front l'ingénierie en tant qu'institution passant d'une première configuration (tronquée) à un seconde (extrême, réflexive), mais ce que nous concevons ici comme l'*invisible centralité* du personnage de l'ingénieur correspond à un tel passage. L'ingénieur y apparaît donc partout en filigrane, à travers des dynamiques paradoxales enchevêtrées qui, sans doute s'effectuaient déjà en 1986. D'une part, ce sont les dynamiques d'effondrement – liées entre elles – du monopole des professions sur l'expertise, du monopole de la science sur la connaissance (le doute et la rationalité), et du monopole de la politique sur la transformation sociale; et d'autre part, ce sont les dynamiques propres à l'essor d'un pouvoir « subpolitique » que s'arroge le complexe technico-économique. Beck écrit à ce dernier propos que :

> L'élaboration de l'avenir n'est plus du ressort du Parlement ni des partis politiques, mais des laboratoires de recherche et des conseils d'administration. Tous les autres – y compris les gens les plus compétents et les plus informés dans la politique et la science – vivent plus ou moins des miettes d'information qui tombent des bureaux sur lesquels s'élaborent les projets de la subpolitique technologique. Les laboratoires de recherche et les directions d'entreprise des industries de l'avenir sont devenus des « cellules révolutionnaires » cachées sous le manteau de la normalité. C'est dans cette non-opposition extraparlementaire sans programme, orientée vers les objectifs du progrès de la connaissance et de la rentabilité économique que l'on met en place les structures d'une nouvelle société. La situation menace de tourner au grotesque : la non-politique commence à assumer le rôle dirigeant théoriquement dévolu à la politique. La politique devient une agence de publicité financée par les fonds publics, qui vantent les qualités d'une évolution qu'elle ne connaît pas et à laquelle elle ne participe pas activement. […] Les entrepreneurs et les scientifiques, qui s'activent dans leur travail quotidien à élaborer des projets de bouleversement révolutionnaire, soulignent avec l'air innocent que leur objectivité leur autorise qu'ils ne sont pas compétents sur toutes les questions dont on décide dans ces projets. (Beck, 2008, p. 472-473)

Rosalind Williams s'est fait la traductrice du phénomène des effondrements institutionnels de la première modernité, décelé par Beck et d'autres, vers l'ingénierie. C'est en ce sens qu'elle aide à faire émerger et à poser la question qui nous occupe ici centralement, tout en l'éclairant de manière importante :

> We live in a world of echoes, a 'boomerang' world (Beck's term) where everything that goes out comes back, where everything gets sampled and remixed, where everything has consequences, where social relationships co-evolve with material ones, where technology changes the very institutions producing it. (Williams, 2002, emp. 290-310)

> [Such that] There is no 'end to engineering' in the sense that it is disappearing. If anything, *engineering-like activities* are expanding. What is disappearing is engineering as a coherent and independent profession that is defined by well-understood relationships with industrial and other social organizations, with the material world, and with guiding principles such as functionality. (Williams, 2002: 360-364, accent ajouté)

> Engineering has evolved into an open-ended Profession of Everything. (Williams, 2002, p. 745)

Après « la métamorphose du bourgeois » que Jacques Ellul (1998) donnait à voir en 1967, nous serions donc aujourd'hui vraisemblablement devant une métamorphose analogue : soit celle de l'ingénieur.

> [L'ingénieur] est mort. Il s'est dissout. Il était caractérisé par une manière [de faire] différenciée. Or, la différenciation a disparu. Nous le verrons. Quant à la manière [de faire], elle ne caractérise plus un homme donné ni un groupe. [...] De personne on ne dira plus [bientôt], comme au [XXe] siècle, « c'est un [ingénieur] » sauf lorsqu'il s'agit d'une insulte.[12] (Ellul, 1998, p. 189)

De ces « engineering-like activities » (Williams, 2002) qui dissolvent la figure de l'ingénieur en provoquant ce faisant le malaise de son personnage et de ses institutions, feraient donc notamment partie celles de savants-concepteurs des technologies de la convergence, qui hybrident les catégories (par ex. en bio-ingénierie, en géo-ingénierie, en nanotechnologie), ou de « techniciens » chargés en sous-traitance internationale d'éléments essentiels de la conception (Dupuy, 2004; Downey, 2005); mais aussi celles de *programmeurs-développeurs* que les entreprises *tout azimut* recrutent pour développer toute sorte d'algorithmes, comme ceux qui sous-tendent le « high frequency trading » (voir par ex. Lewis, 2014) ou ladite « économie du partage » (voir par ex. van der Aalst, 2014); celles de *consultants* en stratégie numérique qui accompagnent leurs organisations clientes vers l'« ambidextrie » (voir par ex. O'Reilly et Tushman, 2014); celles de *gestionnaires* à l'affut des nouveaux besoins de leur organisation à l'ère du numérique (voir par ex. Dahlström et al. 2017);

---

[12] L'extrait original est le suivant : « Le bourgeois est mort. Il s'est dissout. Il était caractérisé par une manière d'être différenciée. Or, la différenciation a disparu. Nous le verrons. Quant à la manière d'être, elle ne caractérise plus un homme donné ni un groupe. [...] De personne on ne dira plus, comme au XIXe siècle, « c'est un bourgeois » sauf lorsqu'il s'agit d'une insulte. » (Ellul, 1998, p. 189)

ou même celles d'*entrepreneurs* « disruptifs » dont les nouveaux modèles d'affaires numériquement *esthétisés* – au sens de Lipovetsky et Serroy (2013, pos. 2606-2613) – changent le monde tout en le perpétuant (voir par ex. Christensen, 1997). Ces figures sont celles dont le « fait » de la technologie relève surtout aujourd'hui, de sorte que celles-ci se construisent en enjoignant les institutions de l'ingénierie et le personnage qu'elles incarnent de se positionner par rapport à elles.

Mais tel que suggéré dans l'introduction de ce premier article, *Retooling* laisse une importante question en suspens, qui n'est pas la question de savoir *qui* aurait succédé à l'ingénieur comme il succéda lui-même (avec d'autres) au bourgeois – à cela, nous l'avons vu, *Retooling* permet déjà d'envisager des réponses, et le portrait se précisera chemin faisant. En revanche, la question qui doit se poser, mais qui reste en suspens, est celle de savoir *comment ou à travers quoi* cette succession s'opère si furtivement.

Tel que je l'avancerai au fil de cette thèse, ce sont les catégories du *problème* et du *paradoxe*, suivant leur usage commun, qui doivent être mises en tension et en relation : bien que cela puisse paraître étrange a priori – la notion de paradoxe étant ici dotée d'un « double statut », tel que nous le verrons (cf. Conclusion de la première partie) : le paradoxe est à la fois ce qui intègre les contraires, et l'un des contraires en soi, que la thèse propose d'intégrer via le concept de la « forme-problème » –, ces catégories sont conçues comme étant les termes fondamentaux recherchés du paradoxe de l'*invisible centralité*; c'est-à-dire qu'ils sont *ce par quoi la métamorphose de l'ingénieur s'opère*. Ainsi, lorsque ces deux termes ne sont pas liés et distingués suivant le principe d'unité des contraires, c'est la question elle-même du « comment » ou du « à travers quoi » de la symbolisation qui en vient à passer complètement inaperçue – comme dans *Retooling* qui, pourtant, s'en approche de très près à différents moments. Sans la mise en avant de cette tension-relation – c'est-à-dire de leur paradoxe –, la question du « comment » ne se pose tout simplement pas, puisque ce vers quoi elle pointe est l'élément dissolvant : l'ingénieur « s'est dissout.

Il était caractérisé par une manière [de faire] différenciée. Or, la différenciation a disparu » (Ellul, 1998, p. 189). C'est l'évidence même qui doit donc être retournée : car par-delà le « fait » d'une telle dissolution, quelle est cette « manière de faire » restée jusqu'à présent dans l'angle mort de *Retooling*, et même de l'analyse sociale, cependant qu'elle dissout *une chose et son contraire*? Quelle est cette « manière de faire » paradoxale, donc, mais dont le modus operandi va de soi au plus haut point, de sorte qu'il n'est pas assimilable au non-sens : bien au contraire, rien n'y échappe a priori (ni même cette thèse)?

Le modèle conceptuel de la « forme-problème » constituera notre réponse à cette question, surtout à partir du chapitre 2. Mais pour pouvoir l'étudier, il aura tout d'abord fallu, jusqu'à un certain point, l'inventer : c'est-à-dire la modéliser, suivant ce que l'on pourrait appeler un critère d'ouverture « au second degré » (Eco, 1965). J'y reviens en conclusion de la thèse, mais disons pour l'instant que je l'invente un peu comme le font certains des « ingénieurs » qui pratiquent aujourd'hui l'analyse environnementale du cycle de vie (cf. chapitre 4) – c'est-à-dire, en un sens, suivant les hypothèses fondatrices des épistémologies constructivistes (Le Moigne, 2012, pp. 67-89) –, mais à deux différences près : 1) lorsque je mobilise ces dernières hypothèses, je tente de le faire sciemment et explicitement; et 2) le modèle que j'invente et qui en résulte – celui de la « forme-problème » – ne vise absolument pas à résoudre le paradoxe auquel il se confronte, et qui le sous-tend; bien au contraire, celui-ci vise à l'exposer en tant que tel. Et cela semble crucial dans la mesure où la question qui s'est posée lors de l'émergence initiale du paradoxe (cf. section 2.1), et qui semble se poser à nouveau aujourd'hui – alors que celui-ci prolifère, se décline sous différentes formes, et que le modèle de la « forme-problème » atteint sa limite (cf. 3, 4 et 5) –, est celle de la signification de la fatalité à l'échelle collective, ainsi que des modalités de sa « gestion ».

Mais avant d'en venir à cet axe de la fatalité, voyons comment l'histoire du rapport de l'ingénieur à l'entreprise permet de faire émerger la « forme-problème » au cours de la Renaissance, puis d'en déceler la trace jusqu'à aujourd'hui suivant l'axe d'une potentialité sans cesse plus pure, mais aussi plus éclatée, pour ainsi éclairer la question du « comment » de la métamorphose contemporaine de l'ingénieur. Car à ladite métamorphose – soit celle de la figure de l'ingénieur –, correspond justement l'invisibilisation sociale de son personnage.

CHAPITRE II

LE RAPPORT DE L'INGÉNIEUR À L'ENTREPRISE : MIROIR DE LA POTENTIALITÉ

« s'en tirer » ↵ *: s'en tirer* est synonyme de : réchapper, survivre, échapper

Dictionnaires – Antidote

Ce qu'il s'agit de penser, désormais, c'est l'importation à l'intérieur de la société de ce lieu-source de ses significations, l'importation de l'extériorité du social par rapport à lui-même à l'intérieur de la société : cet extérieur-intérieur étant, par exemple et surtout, le lieu de l'État (mais aussi des sciences sociales).

Paul Dumouchel et Pierre Dupuy, 1983.

Nous l'avons effleuré en introduction : la fonction de gestionnaire moderne de même que les fondements épistémologiques nord-américains et européens des canons du management ont en grande partie émergé de représentations de l'entreprise construites et véhiculées par des ingénieurs. Cette dernière thèse, bien connue en sciences de gestion et en théories des organisations, prend différentes formes et intensités selon les perspectives et les ancrages épistémologiques des auteurs qui l'adoptent et l'enrichissent. Pour l'un de ces auteurs, « l'entreprise moderne a été la

réponse institutionnelle au rythme accéléré de l'innovation technique et de l'accroissement de la demande des consommateurs aux États-Unis pendant la seconde moitié du 19e siècle. » (Chandler, 1977, p. 13) Dans ce dernier extrait – qui traduit le cœur du propos d'Alfred Chandler (1977) dans le très populaire ouvrage *The visible hand: The Managerial Revolution in American Business* –, l'ingénieur est présent, mais il devient rapidement invisible. C'est en filigranes de la thèse principale de Chandler (1977), à travers les thèmes de la technologie et de l'innovation technique, que se perçoit l'influence des ingénieurs dans l'émergence de l'entreprise et du management modernes. Tout au long de l'ouvrage, l'auteur soutient avant tout que « la main visible des gestionnaires a remplacé la main invisible du marché là où et quand les techniques nouvelles et l'expansion des marchés ont permis à un volume sans précédent de produits de passer à une cadence également sans précédent à travers les différents stades de la production et de la distribution. » (Chandler, 1977, p. 13)

Ainsi, dans cette version largement acceptée de l'histoire, la conjoncture à laquelle renvoie le « là où et quand » objectivant et anonyme de Chandler (1977) se met en place entre 1880 et 1930. « Là où et quand » ses principaux facteurs ont convergé, soutient Chandler (1977), la conjoncture a donné naissance aux premières entreprises modernes (industrielles) – tout d'abord des entreprises de chemin de fer et d'extraction de charbon, puis de transformation métallurgique et pétrochimique, de produits manufacturés ou de construction et d'exploitation de réseaux télégraphiques. Puisque l'essor économique était en grande partie tributaire d'une capacité à tirer avantage des technologies industrielles émergentes, les propriétaires d'entreprises ont généralement eu recours au savoir-faire et à l'action d'employés techniquement qualifiés (Chandler, 1977), dont la plupart étaient formés en tant qu'ingénieurs – « l'éducation universitaire [à l'ingénierie étant] devenue de plus en plus commune après 1870" (Layton, 1971, p. 3). Ces employés techniquement qualifiés ont été mis responsables du bon fonctionnement des machines et de l'efficacité de la production;

mais surtout, « avec très peu d'atout en main », ils en sont venus à inventer « une nouvelle fonction économique – celle de coordination et d'allocation administrative » (Chandler, 1977, p. 484) –, en réponse « aux défis sans précédent » (Chandler, 1977, p. 107) qui s'étaient présentés à eux. D'une manière remarquable, selon Chandler (1977), « ils résolurent [donc] ces problèmes [de nature administrative] en grande partie à partir de la même approche, rationnelle et analytique, qu'ils utilisaient pour résoudre les problèmes mécaniques. » (Chandler, 1977, p. 107) La hiérarchie fut pour eux une solution et, de directeurs de ligne, ils devinrent hauts dirigeants (Chandler, 1977).

Dans le récit de Chandler (1977), les ingénieurs apparaissent en somme comme les « héros » doublement voilés – fortuits et anonymes – d'une page d'histoire déterminante. Tout se passe comme s'ils avaient « tout simplement » su relever les défis administratifs qui s'étaient présentés à eux, de la meilleure manière qui fut, à partir des moyens (techniques) qui avaient été étaient les leurs. La figure de l'ingénieur y est donc voilée, d'une part, par celle du manager moderne – cette « nouvelle sous-espèce d'homme économique » (Chandler, 1977, p. 484) – qu'il en vient à incarner, alors même que la figure du manager se construit en prenant le relai de sa propre figure. Et, d'autre part, la figure de l'ingénieur y est voilée par l'un des « facteurs déterminants » de ladite « révolution managériale » : à savoir, celui « du rythme accéléré de l'innovation technique », de laquelle « l'entreprise moderne a été la réponse institutionnelle. » (Chandler, 1977, p. 13), Car, dans le discours de Chandler (1977), la déclinaison désincarnée des multiples formes que prend l'innovation technique en vient à produire un effet objectivant; effet qui, lui également, aboutit à masquer (ou faire oublier) la figure de l'ingénieur. Par la superposition de ces deux effets de discours, le travail idéologique et le combat politique des ingénieurs de la « révolution managériale » sont rendus imperceptibles.

C'est là le point de départ d'une autre version de la thèse énoncée en ouverture, par laquelle la visibilité des ingénieurs se voit restaurée : car cependant que ces ingénieurs fondaient l'épistémologie dominante du management moderne, ils poursuivaient d'abord et avant tout une quête professionnelle et idéologique, dont l'histoire d'Alfred Chandler fait abstraction (Shenhav, 1999). Cette thèse est entre autres défendue par Yehouda Shenhav dans un texte publié en 1999, et intitulé *Manufacturing Rationality : The Engineering Foundations of the Managerial Revolution*. Shenhav (1999) y avance que l'histoire canonique de la firme que Chandler (1977) typifie en tant que figure de proue relève de l'« amnésie sociale » : pour lui, « certains des parcours [qu'auraient pu prendre les idées avant leur institutionnalisation] ne font pas partie de notre mémoire collective réifiée, et ils ne sont pas discutés dans nos livres d'histoire. » (Shenhav, 1999, p. 6-7) Shenhav fait en somme ressortir le caractère socialement construit et historiquement conflictuel des produits de la « révolution managériale » – des théories, des outils, des techniques… une certaine « rationalité managériale » –, dont plusieurs apparaissent aujourd'hui immuables, incontournables, naturels. Pour comprendre plus pleinement (et non linéairement) l'histoire de la firme managériale, il importe pour Shenhav (1999, 2003) de s'attarder au « discours ingénieur » (controversé) par lequel fut opérée ladite révolution, de même qu'à l'« idéologie des systèmes » que ce dernier discours a véhiculée (Shenhav, 1999, 2003). Plus spécifiquement encore, selon Shenhav (1999), ce n'est qu'en rendant visibles les conflits et les controverses qui ont animé le temps passé de la « révolution managériale » que l'on peut parvenir à dépasser les réifications qui se sont opérées dans sa foulée, et donc, vraiment *espérer qu'un jour, les choses soient ou puissent être autrement*.

Dans le cadre du présent chapitre, nous nous inspirons donc de l'approche contestatrice, déconstructive, libératrice, contre-factuelle... de Shenhav (1999, 2003) à l'histoire du management pour tenter de cerner des moments charnières dans le passé du personnage de l'ingénieur au cours desquels son rapport à l'entreprise se serait

transformé, en contribuant ce faisant à façonner celui qui le caractérise aujourd'hui. En particulier, les quelques constats tirés jusqu'à présent de la mise en dialogue des propos de Chandler (1977) et de Shenhav (1999) servent de motifs pour poser la question de l'*invisible centralité* en la renvoyant aux racines de la modernité et au rôle qu'y jouât le personnage de l'ingénieur, c'est-à-dire au rôle qu'il jouât dans le renversement (et le prolongement) de la tradition. Car si au tournant du XXe siècle les figures de l'ingénieur en Amérique du Nord et en Europe étaient résolument héroïques – diversement caractérisées par l'image *« d'un professionnel ayant émergé de ses origines artisanes pour devenir l'intendant du progrès technologique de l'humanité, passer des rivières, commander l'industrie et conquérir la nature au bénéfice de toute la civilisation »* (Wisnioski, 2012 : 15) –, comment comprendre les ressorts de son invisibilisation subséquente sans pour autant négliger le fait de sa centralité montante? Comment comprendre, en somme, les ressorts d'une invisibilisation qui sont en même temps les ressorts d'une ascension? Jusqu'à quel point les ressorts de l'*invisible centralité* qui accable aujourd'hui le personnage de l'ingénieur – c'est-à-dire ses conditions historiques de possibilité – se lient-ils au caractère éminemment ambigu et changeant de son rapport à l'entreprise, dont la tension entre les propos de Chandler (1977) et Shenhav (1999) constitue à la fois l'indice et le résultat patents?

Du croisement de leur discours, il ressort en effet que les histoires canoniques de la firme et du management en sont venues à invisibiliser le personnage de l'ingénieur avant l'heure, en le fondant dans le thème d'une « technique » ou d'un « changement technologique » dont le caractère autonome ne se découvrirait ou s'inventerait pourtant que dans les années 1960, aux États-Unis – notamment via la publication (en 1964) de *The Technological Society*, traduction de l'ouvrage *La technique*, de Jacques Ellul, publié en français en 1958, mais restée lettre morte en France (Mitcham, 2013). Nous reviendrons plus loin sur ce point. Mais notons tout de même pour l'instant l'anachronisme apparent : en invisibilisant déjà l'ingénieur entre 1880 et 1930,

Chandler (1977) paraît davantage refléter l'esprit de son propre temps, que celui du tournant du XXe siècle qui fait l'objet de son ouvrage. Car tel que l'ont illustré plusieurs auteurs (Layton, 1971; Noble, 1979; Shenhav, 1999), le personnage de l'ingénieur avait effectivement perçu sa propre centralité dans l'esprit se son temps, et s'en était activement fait le promoteur. De sorte que si – tel que nous le verrons – le travail idéologique opéré dans la poursuite d'un statut professionnel et social distinctif eut à la fois pour effet et pour cause la naissance d'une figure *apolitique* de l'ingénieur, sa visibilité sociale entre 1880 et 1920 ne s'en trouva pas moins accentuée, ni non plus la capacité de son personnage à négocier son nouveau statut d'employé : soit, justement, son rapport à l'entreprise qui dans la seconde moitié du XXe siècle changerait encore et deviendrait plus compromettant, en rendant ce faisant l'existence du personnage et la crédibilité de la figure de plus en plus dépendantes des institutions montantes de la profession.

Partant de ces circonstances historiques multiples et enchevêtrées, comment comprendre l'invisibilité que l'histoire officielle de la firme a rétrospectivement imposée à un mouvement d'ingénieurs, à des conflits et à des controverses qui, pourtant, ont marqué l'esprit de leur temps? Ou plus largement, et en nous rapprochant du temps présent pour relancer la question qui nous occupe ici : comment comprendre l'*invisible centralité* qui accable aujourd'hui le personnage de l'ingénieur, en allant cependant au-delà du fait institutionnel dont il dépend, c'est-à-dire en ne le prenant pas comme allant de soi? Car bien que le concept d'« expansion désintégrative » tende à le faire oublier en prenant le fait et la trajectoire institutionnels de l'ingénierie aux XIXe et XXe siècles comme point de départ historique et traceur du phénomène observé, c'est longtemps avant celui-ci (dès le XIIe siècle) qu'un personnage de l'ingénieur émergeait de la tradition en Europe, sans que ne lui correspondent pour autant une figure propre ou des institutions – sinon celle de l'entreprise moderne (militaire) alors naissante dont il contribuait à fonder le

sens et s'appropriait la gestion, dite « conduite », suivant le langage du moment (Vérin, 1984; 1993).

En France, ce personnage dont les « armes 'savantes' » (Vérin, 1984, p. 37) se trouvèrent en quelque sorte coincées entre tradition et modernité fut notamment incarné par Sébastien Le Pestre de Vauban (1633-1707) qui, sous Louis XIV, perfectionna l'art de la guerre en problématisant l'idéal chevaleresque encore dominant. Alors même que ce dernier idéal était acclamé en tant que fondement de l'audace, de l'héroïsme ou du caractère d'homme « entreprenant », Vauban critiquait l'impétuosité et la « facilité » à se risquer auxquelles il donnait lieu, et qui poussaient les officiers du temps « à [se] mettre à découvert hors de la tranchée sans nécessité », par pur « manque de scrupule », c'est-à-dire déjà par « ostentation, vanité ou paresse de la raison » (Vérin, 1984, p. 40). C'est dire à quel point le personnage de l'ingénieur n'a pas de tout temps exigé d'institutions propres pour s'incarner : bien avant que quelconque figure institutionnalisée ne lui soit associée, il naissait suivant des modalités d'affirmation et de distinction autres, dont la « forme-problème » aurait fait centralement partie.

2.1 L'énigme

À la lumière de telles considérations, il semble donc qu'il faille aller aux sources du rapport de l'ingénieur à l'entreprise pour explorer notre question, c'est-à-dire aller là où et quand s'est opérée la rupture d'avec la tradition; mais aussi (et surtout), il semble qu'il faille s'intéresser à l'innommable *troncation* : à savoir, *au processus de troncation en soi*, et non seulement au rapport de la modernité à la tradition, ou à la tradition en tant que *ce qui a été tronqué (ou non)*. Dans sa manière d'exprimer le contraste entre les modernités, Beck nous en donne d'ailleur l'indice : car c'est le premier processus de modernisation que Beck qualifie de « tronqué » par rapport au second – dit « réflexif » –, lequel est par-là insinué comme complétant le premier, ou

comme défaisant et rejouant sans cesse le fait de la troncation, qu'il garde par ailleurs dans l'implicite. Beck conjugue toujours le verbe « tronquer » au passé, comme s'il ne valait pas la peine de s'intéresser au « comment » de la troncation, ou même, éventuellement, à son actualité. Mais en même temps, il représente le second processus de modernisation comme une radicalisation du premier, et donc comme tout le contraire d'un retour à la tradition. Ainsi, son propos suggère que, nécessairement, cette troncation initiale de la tradition n'est pas sans lien avec le trait d'autoréférentialité qui émerge au XXe siècle, et qu'il associe (avec d'autres) à une rupture entre deux types de modernité, et en l'occurrence, une rupture aux origines de « la société du risque » (aussi dite modernité réflexive) : c'est même la troncation initiale de la tradition (et du sacré qui la caractérise) – peut-on penser – qui consacre *par avance* la nécessité paradoxale que découvre Beck (2008) : soit celle qui se traduit à travers les « processus d'autosuppression [suppression de soi par soi] des monopoles institutionnels » par le retournement contre eux-même de leurs propres principes instituants (Beck, 2008). C'est du moins l'une de proposition que j'avancerai dans le cadre de cette thèse. Ainsi, il se pourrait bien que *ce qui a tronqué la tradition à l'origine* soit en même temps *le facteur radicalisant de la seconde modernité par rapport à la première* : c'est-à-dire qu'il y aurait *re*troncation continue de la tradition au sein même de la modernité réflexive, à répétions, un peu comme si le renversement initial de la tradition se rejouait sans cesse. Si tel était le cas, nous pourrions alors effectivement dire que la modernité se radicalise par le biais d'un processus de troncation à caractère pleinement moderne, mais à l'origine issue de la tradition. C'est donc en réponse à cette dernière contrainte logique, ressortie de l'énigme implicitement posée par Beck, que la « forme-problème » se lie au paradoxe et qu'elle se doit d'en adopter la configuration et la dynamique, à sa racine.

Ainsi, tel que nous le verrons dans à partir de la section qui suit, la « forme-problème » peut être conçue comme ce processus de troncation qui a tronqué la tradition depuis son intérieur, avant de devenir progressivement pour les modernes *la*

« forme-problème » en soi, qui fait paradoxe sans toutefois se présenter ni, donc, être reconnaissable en tant que tel. Mais c'est précisément ce qui est en train de changer, et qui se traduit par le biais de l'ouvrage de Beck et d'autres avec lui, qui ont théorisé les ruptures au fondement et à même l'époque moderne (comme Giddens, von Hayek, Latour ou Dupuy) : pour ces théoriciens, et bien qu'ils l'expriment chacun différemment, le caractère paradoxal de la modernité (au sens de culture distincte que la tradition) ne fait aucun doute. Si, en somme, l'on peut débattre longtemps du caractère véritablement moderne des modernités – la tradition a-t-elle vraiment été tronquée, ou s'est-elle transférée dans la modernité en changeant de forme? (voir par ex. Latour, 1992; Dupuy, 2008; Musso, 2017) –, il ne fait aucun doute qu'un changement radical s'est opéré quelque part entre le début du XVIe et la fin du XVIIIe siècle, et que la naissance de l'humanisme ou des sciences modernes ne suffisent pas à eux seuls à l'éclairer. Il ne fait aucun doute, en somme, que la question se pose de savoir comment (à travers quoi) ledit changement s'est opéré. Autrement dit, et cette fois surtout dans les mots de Beck, il est clair que nonobstant la variabilité, l'imprévisibilité et le caractère ambivalent des effondrements (hyper)modernes, « chacun de ces monopoles entre aussi en *contradiction* avec les principes qui se sont imposés avec la modernité » (Beck, 2008, p. 487); un *invariant de forme* se profile à chaque effondrement, dont l'influence sous-tend et induit la transformation, de sorte que « la réalisation [d'un monopole institutionnalisé] impliqu[ait] [par avance] […] sa suppression » (Beck, 2008, p. 338). C'est ce mouvement que la « forme-problème », suivant sa configuration paradoxale, permettra d'expliciter. Comme si une singularité du processus de modernisation devait, elle aussi, être prise en compte, *l'autoréférentialité* s'insinue avec Beck comme cet invariant de forme que R. Williams traduit vers l'ingénierie : c'est suivant son mouvement – circulaire, entre latence et saillance – que « la modernisation qui s'opère dans l'horizon d'expérience de l'époque *pré*moderne a fait place aux **problèmes** d'une modernisation *autoréférentielle* » (Beck, 2008, p. 22, accent en gras ajouté). Ainsi, si « engineering has evolved into an open-ended Profession of Everything » (Williams, 2002, p. 745),

c'est que cette ingénierie ne parvient plus à se contenir elle-même, comme si elle était *mise hors de soi* suivant sa propre confrontation réflexive avec son principe instituant : à savoir, tel que je propose de le concevoir dans la thèse, ce principe instituant qu'Hélène Vérin retrouve à la racine historique du génie moderne, et qu'elle nomme le « modèle […] du 'problème à résoudre' » (Vérin, 1993 : 11). Tel qu'elle l'exprime à partir de sa perspective historique, la mise en « forme-problème » est tributaire de la naissance d'un tel modèle. Mais le concept de la « forme-problème » qu'elle associe à la naissance du génie moderne ne comporte pas encore de lien avec le concept de paradoxe : c'est là une proposition authentique de la thèse ici défendue.

Cette troncation de la tradition est un processus innommable, donc, implicite et même illicite, au sens où la fatalité collective qu'il relègue et enfouit pour se mettre en marche dès les tous premiers instants modernes devient de plus en plus impensable, même pour Beck (de là le mot « problème », que j'ai surligné en gras); mais surtout, cette fatalité collective reste à ce jour un impensé, c'est-à-dire aussi une pensée que l'on s'interdit, puisque le fait et la norme qui en relèvent se fondent désormais dans le sens commun : *la fatalité n'existe pas* à l'échelle collective, car depuis au moins cent ans « elle est l'excuse des âmes sans volonté » (Rolland, 1914, *Lettre ouverte à Gerhart Hauptmann*). Partant, et suivant la veine aujourd'hui la plus sophistiquée de la pure potentialité, il semble que seules sont pleinement légitimes sur le plan politique les solutions émergées de collectifs depuis leur base constitutive (citoyenne ou autre) : c'est-à-dire des solutions qui sont dites « participatives » ou « co-construites » (tel que nous le verrons au chapitre V); ce sont des solutions que l'on découvre et fait advenir collectivement en ne baissant les bras devant rien (p. ex. Schwab, 2016; Durand-Folco, 2017).

Dans *Pour un catastrophisme éclairé* (publié en 2002), Jean-Pierre Dupuy traduit ainsi ce refus si profondément ancré de la fatalité, mais qui en vient aujourd'hui à se

confronter à une réalité phénoménale que l'on peine de plus en plus à retourner en occasion :

> Le mal qui fond, tel l'oiseau de proie, sur les hommes provient de tout temps de la nature et de l'homme lui-même persécutant son semblable. La peste, la famine et la guerre étaient les causes de mort violente dont le développement des forces productives et le progrès de la sagesse humaine, espérait-on, viendraient un jour à bout. L'impuissance des hommes à maîtriser les origines du mal leur inspirait l'idée que le destin, la fatalité, la volonté d'un dieu étaient les auteurs des drames qui les frappaient. [À l'échelle individuelle] Les maux qui touchent les sociétés industrielles donnent à beaucoup le sentiment que la fatalité tragique est de retour. Le terme de « risque » appliqué au réchauffement climatique ou aux catastrophes industrielles ou sanitaires leur paraît déplacé : si risque il y a, ils se demandent bien qui l'a *pris*. Parce que ces esprits libres paraissent en revenir à une interprétation religieuse ou mystique du monde, on leur adresse le reproche d'archaïsme. D'ailleurs, ajoute-t-on, n'est-ce pas parce que plus personne ne croit à la fatalité, et que l'on cherche partout des responsabilités humaines, que les « nouveaux risques » sont jugés intolérables? (Dupuy, 2002, p. 41)

Dans ce chapitre, l'accent sera donc mis sur l'envers positif de ces « responsabilités humaines » que l'on cherche partout aujourd'hui : c'est-à-dire sur la *dimension de potentialité* ou d'emprise sur le monde qui émerge à l'échelle collective dès le XIIe siècle, mais surtout à partir du XVIe siècle, alors que (notamment) le personnage de l'ingénieur s'« individualise » en tant qu'entrepreneur d'un genre nouveau.

> Dès le XIIe siècle, la réalisation des fins prédonnées (loi divine, loi royale) *se problématise*. Dès que prend corps le royaume, c'est-à-dire une forme d'état centralisée, la réalisation de *la cohésion sociale devient un problème tant pratique qu'idéologique*. [...] *Alors, maintenir et réaliser la finalité de la totalité, c'est-à-dire aussi bien les fins divines que la loi royale, c'est-à-dire aussi établir les corps sociaux, devient problématique; mieux problématisé*. Alors, pour parler en philosophe, l'attrait de la cause finale *n'y suffit plus* et il faut le concours de la cause efficiente. Ou encore, les fins prédonnées ont besoin, pour exister réellement, d'être actualisées par une activité qui individualise *ceux qui la produisent*. (Vérin, 1984, p. 59, accent italique ajouté)

Ceux-là qui la produisent, au XIIe siècle, ils sont surtout chevaliers, et « l'individualisation est réalisée dans l'exploit guerrier » (Vérin, 1984, p. 59). Avec le temps et surtout à partir du XVIe siècle, ils deviennent plutôt ingénieurs et – comme Vauban – ils dénoncent l'opportunisme *individuel* et la « négligence » qui s'incarnent dans « l'action éclatante » du chevalier (Vérin, 1984, p. 41), laquelle compromet l'ordre du monde (prédonné) qui doit cependant encore s'actualiser.

> Si cette « facilité » [à se risquer] est cependant « négligence », ce n'est [donc] pas en considérant l'action qui elle-même implique l'exact contraire d'un manque de chaleur, de hardiesse. Elle ne peut l'être que par rapport à la fin recherchée : la réussite du siège par le Roi. Négligence alors, cet excès même de « chaloir » qui s'éprouve dans l'action personnelle, non accordée au comportement réglé d'une troupe d'hommes qui manœuvrent ensemble. Ce qu'une telle « facilité » met en cause, c'est la conduite royale des entreprises de guerre. [...] Alors, effectivement, tout s'inverse : la hardiesse [du chevalier] devient paresse, c'est-à-dire exactement son contraire, puisque la paresse est ce « repos »[13], ce « charme secret de l'âme qui suspend soudainement la plus ardente poursuite »[14]. L'impétuosité des gestes et des actes est paresse de la raison. (Vérin, 1984, p. 41)

Dans un cas comme dans l'autre – tant pour le chevalier que pour l'ingénieur –, « l'individualisation est à la mesure de la déréliction, et donc du risque » (Vérin, 1984, p. 59) :

> L'effort sera d'autant plus grand que la loi du royaume ou les fins de dieu apparaîtront comme plus menacées. Exercer sa propre puissance comme cause efficiente, c'est entreprendre, prendre sur soi, se charger de réaliser

---

[13] L'auteure cite ici la traduction française de Plutarque par Jacques Amyot (1513-1593), connu sous le titre : *Les vies parallèles des hommes illustres*. Sous *Solon*, il y est écrit : « Homme reposé, non entreprenant. »

[14] L'auteure cite ici un court extrait de la maxime 630 de François VI, duc de La Rochefoucauld (1613-1680).

> un ordre; ici, se charger de réaliser l'ordre du monde. Réaliser la cohésion sociale est s'individualiser lorsque l'actualisation de l'ordre préétabli apparaît comme éminemment incertaine, quand l'attrait du Bien ne conduit plus les actes des hommes. (Vérin, 1984, p. 59)

Mais pour l'ingénieur, à la différence du chevalier, cet « ordre du monde » acquière ce que Hannah Arendt (2012) a appelé « la conscience historique », Philippe d'Iribarne (1989, p. xiii) « l'idéologie moderne », Alain Touraine (2013) l'« historicité », ou même (en dépit de la contradiction) Paul Dumouchel et Jean-Pierre Dupuy (1983) « l'auto-organisation du social ».

Illustrons tout d'abord cette idée – pour nous cruciale – à partir du propos d'H. Arendt. De la « conscience historique » ici en cause, elle écrit :

> L'objet de la science n'est donc plus la nature ni l'univers, mais l'Histoire, le récit de la genèse de la nature, de la vie ou de l'univers. […] La nature, n'étant connaissable que dans les processus que l'habileté humaine, l'ingéniosité de l'*homo faber*, pouvait répéter et reproduire dans l'expérimentation, devint un processus [elle cite ici à l'appui *The Concept of Nature*, d'A. N. Whitehead], et chacun des objets de la nature n'eut de significations que celle qu'il tirait de ses fonctions dans le processus d'ensemble. À la place du concept d'Être nous trouvons maintenant le concept de processus. (Arendt, 2012, p. 300)

De sorte que :

> L'une des conséquences les plus plausibles à tirer du doute cartésien était d'abandonner toute tentative de comprendre la nature et généralement de renoncer à s'enquérir des choses non produites par l'homme et de se tourner exclusivement vers les objets qui devaient leur existence à l'homme. […] La découverte de l'Histoire, la conscience historique, n'a pas jailli principalement d'un nouvel enthousiasme pour la grandeur de l'homme, de ses actions et de ses souffrances, ni d'une croyance aux révélations possibles de l'Histoire quant au sens de l'existence humaine; à l'origine il y a eu surtout que l'on désespéra de la raison qui ne parut utilisable que pour affronter des objets faits de main d'homme. (Arendt, 2012, p. 301)

Selon P. d'Iribarne, lequel pousse en quelque sorte la « conscience historique » d'Arendt à sa limite, c'est « suivant l'idéologie moderne [que] les hommes créent leur destin, leurs institutions, leurs règles. Ils sont affranchis du poids du passé au point qu'il ne sert à rien de faire appel à celui-ci pour comprendre le présent. Et si les sociétés diffèrent, c'est qu'ils se donnent librement des institutions différentes en des lieux différents. » (d'Iribarne, 1989, p. xviii) Au contraire des trois autres exemples, « l'auto-organisation du social » de Dupuy et Dumouchel (1983) renvoie à la spontanéité de l'ordre social (von Hayek, 1990), à son émergence surprenante sans qu'une règle centralisée ne l'organise, soit seulement à partir d'interactions ou phénomènes locaux – de là tout le mystère. Mais une telle perception du phénomène et la surprise qu'il suscite pour le regard moderne n'adviennent que parce que le cas contraire – soit la capacité des sociétés modernes à se produire et se transformer elle-même – est devenue la réalité admise et la norme de pensée.

En de telles circonstances, donc – c'est-à-dire des circonstances qui sont en voie de devenir modernes –, « l'attrait de la cause finale *n'y suffit plus* », mais « il faut le concours [d'une] cause efficiente » (Vérin, 1984, p. 59) qui permette de *problématiser* l'ordre social *en soi*, pour ainsi pleinement « se charger de [le] réaliser » – plutôt que de seulement l'inspirer ou le susciter en dehors de tout calcul, via « l'épreuve inconsidérée de sa valeur personnelle » (Vérin, 1984, p. 38). Ainsi, puisqu'il s'agit désormais assez littéralement pour l'ingénieur de « 'rendre à César ce qui est à César et [de] rendre à Dieu ce qui est à Dieu' », et cela en allant à l'encontre des idéaux du temps – qui alors correspondent encore davantage à Alexandre (Vérin, 1984, pp. 45-62) –, c'est typiquement pour-et-avec lui que « le monde des humains se dédouble » (Déry, 2009, p. 32) :

> D'un côté, il y a celui des dieux, cet au-delà à venir au sein du « corps du Christ » et, de l'autre, se trouve l'ici-bas maintenant au sein d'un « corps social » [qui sera bientôt totalement] à inventer et à gouverner. Si le Divin

> règne sans conteste sur le Royaume des Cieux, les humains ont la charge de leur destinée terrestre. (Déry, 2009, p. 32)

Tel que nous le verrons dans ce chapitre, le personnage de l'ingénieur naît en se chargeant lui-même, puis, éventuellement, en étant chargé par le « corps social » qu'il contribue à inventer, d'assurer une part centrale de sa destinée; c'est-à-dire dire qu'il naît par l'émergence de la « forme-problème » qui naît et émerge aussi à travers lui, en tant que cette nouvelle disposition de la raison, *très active*, qui tout à la fois se fonde dans, et donne lieu à, une « capacité propre d'assumer le probable sur le mode du certain, le désespéré sur le mode de l'assurance, le hasard sur le mode de la conduite, le nuisible sur le mode du perfectionnement » (Vérin, 1984, p. 262); c'est-à-dire une capacité propre de percevoir et de concevoir tout désordre comme un ordre potentiel, de retourner toute contrariété collective en occasion. Au chapitre III, le pont sera fait vers l'auto-enfermement et l'illusion que cette capacité engage, puisque la « forme-problème » y sera conçue comme faisant écho au mot *Gestell* de Martin Heidegger, c'est-à-dire à l'*ar(raison)nement* ou à l'*En-framing*, suivant les traductions en français ou en anglais de *Die Frage nach der Technik (La question de la technique)*, publié en 1953. Mais pour l'instant, concentrons-nous seulement sur la potentialité.

C'est en gros jusqu'au XVIIIe siècle, et donc jusqu'à l'aube de la modernité, que les deux processus d'individualisation évoqués plus tôt – ceux du chevalier et de l'ingénieur – auraient cohabité tout en entrant en tension :

> La nouvelle représentation de l'entreprise comme activité qui relève de la conduite rationnelle et qui produit par l'exercice de la raison l'individu au sens moderne du terme est systématiquement opposée à une autre représentation [féodale] de l'entreprise, où l'individualisation est réalisée dans l'exploit guerrier. (Vérin, 1984, p. 59)

Tel que je proposerai donc de le concevoir ici, la tradition naissante de la « forme-problème » y joue pour beaucoup. Car c'est elle qui sous-tend et permet cette « nouvelle représentation de l'entreprise » en *intégrant* déjà les deux côtés du monde humain, désormais dédoublé : c'est-à-dire déjà, comme dans les années 1990 au MIT – mais suivant une logique inverse –, en « [mettant] ensemble ce qui cohère sans être cohérent » ou « ce qui fait connexion sans être pensable » (de Certeau, 1990, p. 296). Suivant une logique inverse, donc : car du temps de Vauban, c'est l'idée du calcul et de l'emprise sur le monde sociale qui apparaît comme « incohérente » (transgressive) par rapport à la tradition qui domine, alors que dans les années 1990, à l'inverse, c'est l'idée de l'impossibilité du calcul ou d'une emprise sur son monde qui est « incohérente » (transgressive) *en soi*, par rapport la non-tradition de la « forme-problème » – c'est-à-dire par rapport à la tradition qui ne se reconnaît pas en tant que telle. Au moment de cette naissance, en somme, l'on peut dire que c'est encore surtout la fatalité qui contient la potentialité – plutôt que l'inverse –, et que la symbolisation passe encore surtout par tout autre chose que le « raté » ou « l'échec de la raison » (de Certeau, 1990, p. 296).

C'est donc en ce sens qu'une analogie éclairante s'établit entre l'idée d'entreprise et la « forme-problème ». Pour faire déjà le pont et le contraste avec le chapitre trois, je l'inscris donc ainsi :

l'idée d'entreprise : la « conduite rationnelle » : la « forme-problème »

Cette analogie traduit la dimension de potentialité qui constitue la « forme-problème » sur le plan conceptuel, et qu'il s'agira dans ce qui suit de construire en remontant l'histoire du rapport de l'ingénieur à l'entreprise. Nous dirons donc en ce sens que les concepts – et notamment la forme intégratrice ici recherchée – ont émergé de l'Histoire.

2.2 L'Histoire comme un modèle : une heuristique de la forme

L'heuristique ici proposée est analogue à celle que se donne Saskia Sassen dans *Territory, Autority and Rights* (2006), dont les principaux éléments ont été exposés rapidement au chapitre 1 (cf. 1.2.1), et qu'elle nommera plus tard « the Before Method » (Sassen, 2013).

> In using historical conjunctures as natural experiments to develop a more complex analytics of change, one can detect whether and how major transitions ushering novel arrangements, such as the shift from the feudal to the nation-state order, might depend on multiple capabilities of the older order. This 'dependence' is not necessarily easy to recognize, as the new organizing logic can and will tend to alter the valence of a given capability.' (Sassen, 2006, p. 19)

Dans le cadre de ce second chapitre, ce sont cependant les différents concepts-traceurs de la potentialité qui incarneront de telles « capabilités », plutôt que l'ingénierie en soi comme au premier chapitre, dont le passage inachevé/inachevable du national au global a ainsi été constaté. Parmi ces concepts-traceurs, émergerons notamment la « forme-problème » (en 2.2.), qui sous-tendra crucialement le propos, mais aussi celui de « projet » (aussi en 2.2.), de « pédagogie des machines » (en 2.3), le caractère de neutralité de la technique (en 2.4), ou encore celui d'autonomie de la technologie (en 2.5). À travers les époques, ceux-ci se transforment ou se renouvellent. Ils servent donc de traceurs, au sens où ils permettent d'observer les changements dans le rapport de l'ingénieur à l'entreprise jusqu'à aujourd'hui, et d'ainsi construire l'axe de la potentialité qui nous intéresse ici. D'abord et avant tout doter d'une fonction heuristique, ces concepts permettent de construire des liens potentiellement éclairants entre le passé et le présent, afin de commencer à répondre à la question principale de la thèse – laquelle, rappelons-le, ressort du présent. Lesdits traceurs ne sont donc pas conçus comme relevant d'une « nature ingénieure ». Bien au contraire, ils sont plutôt envisagés comme des produits de sa construction

identitaire et sociale, ou comme les traits d'un personnage et/ou d'une figure de l'ingénieur qu'une certaine histoire (parmi d'autres possibles) a retenu. Ils ont en ce sens acquis pour un temps une certaine stabilité, au cours de différents processus de représentation et d'autoreprésentation. Il importera donc de distinguer les usages qui sont ici proposés des concepts de « figure » et de « personnage » : tel que je les emploie depuis le début, le premier est surtout conçu comme relevant de la représentation sociale de l'ingénieur (par un dit public, notamment), alors que le second relève surtout de l'autoreprésentation – qui est ici l'autoreprésentation de soi par un collectif d'ingénieurs plus ou moins formalisé. À partir du XIXe siècle, je considère surtout que le personnage de l'ingénieur est incarné dans (ou s'incarne à travers) des discours d'institutions phares de l'ingénierie. C'est donc dire que les deux processus sont nécessairement liés à partir d'un certain moment, mais qu'il n'en demeure pas moins important de les distinguer : d'une part, le personnage de l'ingénieur tel qu'il est ici conçu serait en quelque sorte antérieur à quelconque figure (de là son trait d'entrepreneur, au sens de Vérin); et d'autre part, c'est aujourd'hui notamment la figure et le personnage de l'ingénieur qui entreraient en tension, en provoquant ce faisant le malaise et le vertige du second.

Dans ce qui suit, après que nous ayons fait émerger le concept central de la « forme-problème » et ses racines suivant l'histoire de la naissance de l'ingénieur moderne selon Hélène Vérin (1993), il s'agira donc de détecter et de mobiliser les différents concepts-traceurs pour retracer et reconstruire à travers le temps la dimension (ou l'axe) de potentialité qui la sous-tend. Tel que je l'ai suggéré plus tôt, cette trace se trouvera pour nous concentrée autour du rapport changeant de l'ingénieur à l'entreprise, de sorte qu'à chaque moment (ou fragments) de l'histoire revisitée, deux questions se poseront d'emblée :

(1) Quelle est *l'idée d'entreprise* qui le caractérise? et;

(2) Qu'est-*ce qui* à travers cette idée *est entrepris*, depuis le point de vue du personnage de l'ingénieur qui s'y construit?

Dès à présent, donc – soit avant même que ne puisse être dégagé le premier traceur –, c'est la question du choix des moments et des lieux qui s'impose.

La démarche a ici consisté à raisonner sur le mode de l'idéal type, en partant de la « forme-modernité » tel qu'elle est conçue par Richard Déry (2009). Nous reviendrons chemin faisant sur le détail de cette forme, ainsi que sur la pertinence et les limites de l'idéal type, mais disons tout de même pour l'instant que la « forme-problème » ici en voie d'être construite relève directement de cette « forme-modernité », et qu'elle en est même indissociable : tel que je l'avancerai, la « forme-problème » préside à la naissance de la « forme-modernité » (suivant le mode de l'idéal-type ici décrit) en même temps qu'elle dépend de la « forme-modernité » devenir ce qu'elle est aujourd'hui; c'est dans la « forme-modernité » que la « forme-problème » trouve pleinement son sens, sans pour autant avoir dépendu d'elle pour naître et exister en germe. En ce sens, la « forme-problème » sera comprise comme ayant été antérieure à la « forme-modernité », même si sans cette dernière la « forme-problème » n'aurait pas acquise la portée symbolique et métaphysique que cette thèse lui reconnaît. Tout cela deviendra plus clair en avançant.

Revenons-en donc pour l'instant à la question du choix des moments et des lieux qui servirons à dégager des concepts-traceurs pour observer le rapport changeant de l'ingénieur à l'entreprise, car c'est de cette question dont nous étions partis, et aussi elle qui explique l'apparent détour que nous empruntons ici : pour sélectionner ces moments et ces lieux entre tous, sans toutefois prêter flan à quelconque arbitraire, c'est la typologie des mondes sociaux de Déry (2009) qui a servi. Puisque la « forme-modernité » qu'il construit se décline en quatre mondes sociaux idéal-typiques : soit 1) le prémoderne, 2) le moderne, 3) le postmoderne, et 4) l'hypermoderne, l'idée

générale a consisté à identifier, en combinaison, un lieu bien circonscrit et un moment bien choisi, qui puissent parvenir *ensemble* à incarner et à manifester intensément l'esprit de chacun des quatre esprits-types. Pour la forme prémoderne, par exemple, la période entre XVIe et le XVIIIe siècle en France et en Italie a paru tout particulièrement convenir, alors que pour la forme moderne, il a semblé judicieux d'en choisir deux : soit, en gros, la période de la fin du XVIIIe à la moitié du XIXe siècle en Angleterre (dite de la première révolution industrielle), et la période entre 1880 et 1920 aux États-Unis (dite de la révolution managériale par Chandler, et correspondant à la seconde révolution industrielle). Nous verrons bientôt en quoi une telle approche aide à capter le mouvement qui nous intéresse ici – soit celui des flux et des blocages du sens autour de la potentialité –, et comment le choix de chacun de ces couples (moment/lieu) se justifie. Mais avant de passer à ces raisons, une question reste à soulever : à savoir, pourquoi ai-je inclus la prémodernité dans la modernité?

En ce qui a trait à l'apport propre de cette thèse, disons seulement pour l'instant que c'est là un élément important : non pas que l'idée cette inclusion soit nouvelle en soi – bien au contraire : je reprends à mon compte la synthèse de Déry (2009, pp. 30-32), qui lui-même reprend la thèse de Marcel Gauchet (1985) –, mais elle est en un sens ce qui rend le modèle de la « forme-problème » cohérent en tant que configuration paradoxale – pourrait-on dire, bizarrement –, et en cela ce qui rend le propos innovant. J'y reviendrai à différentes occasions à partir du chapitre 3. Disons donc seulement pour l'instant que s'il est pertinent et même nécessaire de l'inclure, c'est qu'il y a *des* mondes prémodernes dans *la* prémodernité, même quand on se situe au niveau (ou à partir) de l'idéal type qu'elle constitue ici : si la « forme-problème » peut émerger à même l'univers du Divin et de la Tradition, tel que nous le verrons, c'est parce qu'elle permet de faire le pont entre deux choses à un moment où, en un sens, elle ne relève encore ni de l'un ni de l'autre en propre. Elle en viendra à caractériser essentiellement la modernité au fur et à mesure que la potentialité qu'elle incarne

s'oubliera en tant que fatalité : c'est-à-dire au fur et à mesure qu'elle deviendra pure potentialité.

Je m'attarde donc tout d'abord aux circonstances qui entourent la naissance conjointe d'une nouvelle représentation de l'entreprise et du personnage de l'ingénieur moderne en Europe (surtout en France et en Italie), à même l'époque traditionnelle (entre le XVIe et le XVIIIe siècle). Tel qu'esquissé en introduction, cette double naissance fait le pont entre la société traditionnelle que l'on prétend à ce jour avoir quittée, et la société industrielle qui en incarne la modernisation. Un passage sera aussi fait par l'Angleterre du XVIIIe siècle, puisque c'est là, en un sens, que l'idée d'entreprise acquiert plus pleinement le sens qu'elle a aujourd'hui : avec la première révolution industrielle, l'entreprise « acquière sa forme technique si caractéristique et devient une institution de premier plan » (Déry, Pezet et Sardais, 2015, p. 9); les États glissent vers l'entreprise; l'ingénieur d'État (civil, militaire) devient peu à peu ingénieur industriel. Puis, suivant le fil du rapport toujours controversé de l'ingénieur à l'entreprise, je quitte l'ingénierie européenne pour me plonger dans celle de la fin du XIXe et du début du XXe siècle nord-américains. Deux moments charnières pour le personnage qui s'y construit retiendront alors en particulier l'attention : à savoir, celui d'une seconde révolution industrielle instiguée aux États-Unis (entre 1850 et 1950), en correspondance avec ce que l'on conçoit désormais communément comme la « révolution managériale » (de 1880 à 1930); puis, celui (plus diffus) de l'amorce d'une dite révolution digitale : cette troisième révolution industrielle, quelque part entre les décennies 1950 et 1970. C'est au cours de ce dernier passage – postmoderne – qu'aurait pris fin un certain « âge d'or » de l'ingénierie (Florman, 1994).

Ainsi, à chacun des quatre moments annoncés, d'intenses bouleversements sociaux accompagnent la transformation du personnage de l'ingénieur. Dès sa naissance

moderne, le personnage de l'ingénieur se construit dans un rapport intime et controversé à l'entreprise, de sorte que pour Vérin (1993) :

> Ne pas perdre de vue les conditions concrètes de l'avènement de la technique moderne est d'abord ne pas oublier ce lieu de controverse qui est celui où l'ingénieur rend effective la technique. Il apparaît à l'occasion de décisions qui sont portées par des raisons où se combinent et se pondèrent diversement, selon les cas et les rapports de forces, les urgences du profit et l'établissement des nations modernes. C'est seulement en restant de façon délibérée dans le réseau de ces raisons, dans leur confusion même, qu'un tel travail peut être l'occasion de procurer aux discussions actuelles sur la technique des éléments de réflexion. (Vérin, 1993, p. 9)

De plus, les quatre moments et lieux sélectionnés ici ont en commun d'avoir vu converger des « conditions de possibilités » qui ont mené à l'ouverture ou à la fermeture de nouveaux espaces de la technique. Tel que l'énonce encore une fois Vérin (1993) :

> Les fonctions d'ingénieur ne pouvaient s'exercer qu'en un lieu inédit. […] Mon hypothèse est que cette remarque vaut pour tous les ingénieurs, quoiqu'à des époques différentes. De sorte que c'est en étudiant les conditions de possibilités de l'ouverture de cette « place », qui est celle de la technique, que je propose d'aborder l'histoire moderne des ingénieurs. (Vérin, 1993, p. 181)

Nous verrons notamment que cette dernière perspective de Vérin (1993) éclaire la transformation du rapport de l'ingénieur au management au cours du XXe siècle. Car si la relation entre management et ingénierie tend généralement à être conçue comme harmonieuse, elle peut aussi en même temps s'avérer profondément controversée. L'introduction de la thèse en a déjà donné un aperçu, en ce qui a trait au temps présent. Mais dans la première moitié du XXe siècle, l'autonomisation du management par rapport à l'ingénierie peut aussi être envisagée comme un processus

par lequel un nouvel espace d'exercice de la technique s'est graduellement fermé à l'ingénieur, à peine une décennie après qu'il eut été ouvert par lui.

Parmi les concepts qui seront dégagés des moments de l'histoire revisités, l'un d'eux s'avère déjà très présent et tout particulièrement structurant : à savoir, celui de la *forme*, dont l'idée est venue notamment de l'histoire des ingénieurs selon Vérin (1993), puisque celle-ci associe distinctivement l'émergence de la « forme-problème » à celui de leur naissance moderne. À la différence de concepts comme ceux du « projet » ou de la « forme-problème », toutefois, qui se dégagent de l'histoire à proprement dit en relevant de l'ingénieur pour un certain temps, celui de la *forme* n'est pas en soi un traceur de changement. Plutôt, il en vient à structurer plastiquement la pensée conceptrice du modèle (qui, bien entendu, est ici la mienne) pour en quelque sorte tenter de penser au-delà et en deçà de catégories aujourd'hui plus usuelles de l'analyse sociale, qui parfois brouillent la pensée davantage qu'elles ne l'éclairent, tel que l'entrevoyait déjà Ulrich Beck en 1986, et tel que l'avance aujourd'hui explicitement Alain Touraine (2013). Il y a donc dans le choix de la *forme* comme concept structurant de la thèse une visée pragmatique, voire même stratégique, au sens où l'objectif consiste en partie (et très schématiquement) à se « déprendre » (autant que faire se peut) de catégories qui en viennent peut-être aujourd'hui à présenter un risque analytique : c'est-à-dire, en des termes plus positifs, qu'elles gagnent sans doute à être envisagées comme *ce qui est vu*, plutôt que comme *ce à travers quoi on voit*. Tel que je l'ai abordé, l'ingénieur et l'ingénierie feraient centralement partie de telles catégories.

C'est donc notamment en ce sens que la notion de *forme* paraît présenter une affinité tout à fait féconde avec les questionnements et les objets qui sous-tendent la thèse. La *forme* invite et implique nécessairement le sens, sa nécessaire circulation, et donc le paradoxe – qui typiquement en incarne le blocage –, et cela sans égards aux ruptures

épistémologiques qui s'opèrent habituellement le long du continuum qui va « de la physique au politique » (Dumouchel et Dupuy, 1983) :

> Applicable également aux trois champs qui viennent d'être définis [et que sont la quantité, l'ordre, la signification], elle [la notion de forme] les intégrerait comme trois types de structures en dépassant les antinomies du matérialisme et du spiritualisme, du matérialisme et du vitalisme. La quantité, l'ordre, la valeur ou la signification, qui passent respectivement pour des propriétés de la matière, de la vie et de l'esprit, ne seraient plus que le caractère dominant dans l'ordre considéré et deviendraient les catégories universellement applicables. La quantité n'est pas une négation de la qualité, comme si l'équation du cercle niait la forme circulaire, dont elle veut être au contraire une expression rigoureuse. (Merleau-Ponty, 2006, p. 141)

Voyons donc en quoi l'histoire du rapport de l'ingénieur à l'entreprise nous en apprend sur la « forme-problème » suivant son axe de la potentialité.

2.3 La naissance de l'ingénieur moderne

Entre le XVIe et le XVIIIe siècle, en Europe occidentale, naît l'ingénieur moderne. C'est en Italie et en France, tout particulièrement, que se mettent en place certaines catégories et perspectives fondamentales que, depuis cette période, l'on associe d'emblée à l'ingénieur. Parmi elles, la catégorie de « projet », et la perspective du « problème à résoudre » (ou de la « mise en forme-problème ») nous intéresserons tout particulièrement. Aujourd'hui, ces concepts (ou manière de voir le monde) sont omniprésents, tout en étant devenus presque invisibles, tellement ils sont conçus comme « naturels ». À l'époque, toutefois, leur émergence concourt à l'ouverture d'un premier « espace inédit » pour l'exercice des fonctions d'ingénieur. Leur légitimation paraît en somme avoir été l'une de conditions de possibilité de la naissance de l'ingénieur moderne : car pour naître, il fallait qu'il invente ces derniers concepts, et qu'il les rende légitimes aux yeux de ses contemporains.

2.3.1 L'invention de la « mise en forme-problème »

Dans l'introduction de son ouvrage – *La gloire des ingénieurs* –, Vérin (1993) décrit ainsi une part essentielle de son objet d'étude :

> Dans la période retenue, un modèle se met en place qui doit permettre de régler [le] processus […] du « problème à résoudre ». La possibilité de donner à une situation la forme d'un problème, le fait même que l'on a envisagé la possibilité de l'aborder selon cette forme, le fait d'en avoir la représentation et les moyens de la représentation sont au centre des questions abordées dans ce livre. (Vérin, 1993, p. 11)

Si ce dernier objet est compris à partir des repères communs du monde actuel, la mise en question de la catégorie du « problème à résoudre » semble pour le moins curieuse. Tout, ou presque, de nos jours, ne se présente-t-il pas sous la forme d'un « problème à résoudre »? Dès lors que l'on a un but à atteindre – dans sa vie personnelle, au travail, dans le sport, en recherche ou en politique, collectivement ou individuellement… –, cela devient un « problème à résoudre », et il revient dès lors à l'individu ou au collectif d'y faire correspondre une solution dont l'existence est tout bonnement présumée, ainsi que des moyens pour y parvenir. En quoi cela aurait-il pu relever de l'impossible à une autre époque? Et, surtout, quel lien exclusif peut-il y avoir là avec l'ingénieur, ou même avec la technique? Dans le cadre de ce chapitre, l'énorme familiarité qui caractérise aujourd'hui la « forme-problème » constitue le principal point de départ. Si, en effet, son invention appartient historiquement à l'ingénieur, tel que le suggère H. Vérin (1993), alors il a paru nécessaire que l'on s'intéresse tout d'abord brièvement à cette histoire.

L'ingénieur moderne naît au confluent de deux époques, et en plein cœur d'intenses bouleversements. Au XVIe siècle, alors que se perfectionne son art par la voie de la guerre qui règne entre les royaumes – car la guerre est alors « la sphère d'activités par excellence des ingénieurs » (Vérin, 1993, p. 76) –, prévaut en Europe un climat général de désarroi (Vérin, 1993) :

> Jamais, la haine n'a été si grande ni si manifeste, qui oppose les Provinces et ne peut s'éteindre […]. Les Italiens abhorrent les Transalphins et les considèrent comme des barbares; les Français crachent au nom des Anglais, qui n'en font pas moins à celui des Écossais et des Français; entre les Français et les Espagnols, les grandes tueries ont laissé dans tous les cœurs une semence de haine. Dieu veuille que la discorde ne dépasse pas ces limites; mais elle les pénètre plus intimement. […] Et entre ceux qui n'ont pour profession que d'exprimer la charité parfaite, et qui se nomment frères, que de dissensions! Et combien sanglantes! le moine profère contre le mendiant; le mineur contre le dominicain; le mineur claustral contre l'observant…(Juan Luis Vivés, 1526, cité dans Vérin, 1993, p. 75)

Après avoir cité en exemple ce dernier propos de Juan Luis Vivés (1492-1540), pour illustrer le ton et les complaintes de ceux – nombreux lettrés – qui s'insurgent, Vérin (1993) constate que :

> Si l'on en croit leurs écrits, il ne s'agit pas d'un désordre, mais d'un état du monde : c'est la guerre entre les animaux, entre les plantes, entre les éléments, et, jusqu'au sein de la matière, entre ses qualités contraires… À l'appui de cette universelle contrariété, on cite Aristote, bien sûr, mais aussi Héraclite, Empédocle. Le combat est entre discorde et son contraire, concorde. (Vérin, 1993, p. 76)

C'est dire, essentiellement, qu'à ce moment de l'histoire, il n'existait pas dans les esprits d'autre alternative, ou d'autre attitude vis-à-vis de l'« universelle contrariété » du temps, que celle de l'attente et de l'espérance d'une éventuelle « concorde » (Vérin, 1993). Contrairement à l'atmosphère qui s'installe plus tard, à l'époque moderne, l'arrière-plan philosophique dominant au XVIe siècle européen décourageait l'artifice en tant qu'illégitime – c'est-à-dire, en tant que « ce qui, n'existant pas, est cependant conçu », tout en étant « suspecté d'innovation, c'est-à-dire de subversion des lois qui fondent l'ordre établi » (Vérin, 1993, p. 12). Artifice et innovation étaient alors tous deux conçus comme compromettant de « la fragilité des choses humaines » (Vérin, 1993, p. 80). À la racine de cet état d'esprit, deux traditions de pensée inspiraient la péjoration générale de l'innovation et de la création

d’artifice : soit celle des Anciens Grecs, et celle des valeurs chevaleresques (Vérin, 1993), abordées en introduction.

Tout d’abord, les héritages de la Grèce antique inspirent une méfiance vis-à-vis des usages de la technique (des arts mécaniques). Cette tradition ne rend légitime que ce qui est inné à l’esprit humain : c’est-à-dire, ce qui n’imite en rien la nature, ou ne « lui emprunte [pas] ses formes pour la transformer », au contraire du « monde de l'artifice [qui] adultère le monde naturel. » (Vérin, 1993, p. 70). Autrement dit, la technique peut servir à satisfaire les besoins vitaux, fondamentaux, mais elle ne doit pas se substituer à Dieu en induisant des effets que la nature n’aurait pas à elle seule requis ou accompli.

Parallèlement, l’idéal de la « tradition chevaleresque » incorpore le principe de la « guerre juste », selon lequel il ne faut pas « que l’on n’use… des ruses de l’entreprise [en tant qu’assaillant] » (Vérin, 1993, p. 95). Au contraire, il faut user du combat en face à face plutôt que de moyens détournés (comme les machines, artifices et techniques) par lesquels la valeur guerrière se voit diminuée, voire même éliminée (Vérin, 1993, p. 95). Suivant ce principe, il est par exemple inacceptable pour l’assaillant (cet en(tre)preneur) d’emprunter des chemins imprévus, c’est-à-dire autres que le « droit chemin » qui mène de manière évidente (et donc, légitime) au lieu de bataille : « La campagne doit se faire en droiture parce qu’entrer dans les ruses et stratagèmes est renoncé à la pure affirmation de sa puissance qui s’éprouve dans l’exploit, le risque assumé de la mort dans le face à face. » (Vérin, 1993, p. 95)

C’est donc au sein d’un univers philosophique qui lui est hostile que l’art de l’ingénieur se perfectionne, sous la double impulsion d’un nouvel instrument – celui des « mathématiques pratiques » –, et des « nécessités » de la guerre entre les royaumes (fortifications pour le siège et la défense, machines pour l’attaque, etc.).

Car à ce moment de l'histoire, le statut des ingénieurs, ou l'obtention de leur titre, dépend en effet des Princes ou des Rois pour le compte desquels ils travaillent :

> Ils [les ingénieurs] obtiennent ce titre pour avoir été appelés au service de quelque prince, et sont loués quand ils en ont servi plusieurs qui se combattent. Leur mission : augmenter les avantages guerriers de leurs maîtres et les aider à les évaluer, afin de développer une meilleure stratégie (Vérin, 1993, p. 76).

Ainsi se dégagent certains des pièges et des contradictions que doivent parvenir à dépasser les ingénieurs pour légitimer la « forme-problème » qui fonde leur technique. Ils sont tenus, d'un côté, de livrer le produit attendu par leurs « clients » Rois ou Princes – dont l'adhésion au principe d'une « guerre juste » s'avère souvent chancelante – et, de l'autre côté, de mesurer (ou encore de légitimer) la valeur de leurs actions et recommandations vis-à-vis des normes et idéaux de leur temps. En somme, s'ils parviennent à légitimer leurs propres artifices, les ingénieurs s'en trouvent également à légitimer une autre guerre que la « guerre juste », de même que les aspirations de leurs souverains. Mais leur art est transgressif. À l'encontre des idéaux du temps, les artifices des ingénieurs militaires, l'artillerie et (en particulier au XVIe siècle) le canon, « cré[aient] la panique » et « la panique, c'[était] l'impossibilité de la vertu guerrière, l'inefficacité des institutions militaires » (Vérin, 1993, p. 81) jusque-là dominantes.

Pour légitimer leur art, les ingénieurs du temps instituent donc un discours qui, progressivement, permet le revirement des mentalités. Le discours qui se construit est entre autres consigné dans des « traités de fortification » produits par les ingénieurs eux-mêmes, à l'intention des Rois et des Princes auxquels ils prêtent allégeance. Ces traités incluent la plupart du temps un « traité de l'attaque des places » (Vérin, 1993, p. 84), des calculs mathématiques, des modèles et schémas… Mais surtout, la rhétorique qu'ils articulent substitue à l'« universelle contrariété » du temps « l'expression d'une simple contrariété, c'est-à-dire d'un simple désordre qui appelle

l'ordre, et non le dénie. » (Vérin, 1993, p. 82) Par ce glissement dans le sens des mots, « l'universelle contrariété [devient] un ordre potentiel » auquel correspond le « caractère potentiel de l'art » des ingénieurs : « ce qui était innovation [illégitime] devient le principe d'un perfectionnement. » (Vérin, 1993, p. 82) Tel qu'ils le font alors valoir : l'innovation, « n'est-[elle] pas la seule manière de rendre la matière compatible avec l'ordre humain, que d'y découvrir sa propension à devenir un artifice, une matière formée par une idée? » (Vérin, 1993, p. 82) Par l'entremise d'un long processus de légitimation – dont les quelques éléments synthétisés ici ne constituent qu'une partie –, les ingénieurs en viennent à se distinguer des artisans, puis des savants, et à créer pour eux même une niche épistémologique à la fois acceptable, et inédite (Vérin, 1993). Mais suivant la fonction symbolique qu'en viendra plus tard à assumer la « forme-problème » (telle qu'elle est ici conçue), c'est aussi d'une niche ontologique dont on peut parler, laquelle se muera en un univers social tout entier.

Entre l'artisan et le savant, le judicieux : une niche épistémologique et ontologique

Jusqu'au second Moyen Âge, la pratique de l'artisan est associée à la maîtrise du geste et à un savoir-faire de circonstance (concret et pour l'essentiel non généralisable) vis-à-vis des matériaux. Comme un talent aidé de quelques principes généraux, il est alors considéré que cette aptitude ne s'enseigne pas par l'abstraction, comme on enseigne une théorie. L'art de l'artisan est mécanique, car indissociable de la matière. Le personnage de l'ingénieur moderne est souvent conçu comme le descendant direct d'une telle figure, ce que Vérin (1993) contredit. Je reprends donc ici à mon compte son argument.

Au cours du second Moyen Âge, les mathématiques qui avaient jusqu'alors été purement abstraites et étrangères à l'application font l'objet d'une instrumentation progressive (Vérin, 1993, p. 71-74). Avec le temps, la « dyade théorie/pratique » introduite par les Grecs de l'Antiquité se transforme en une nouvelle manière de

classifier les sciences : on parlera d'une « science des engins » (Beaujouan, G. cité dans Vérin, 1993, p. 72) ou d'une « science des procédés mathématiques » (Crombie, A.-C. cité dans Vérin, 1993, p. 72). Les mathématiques pratiques qui sous-tendent cette nouvelle catégorie de science, laquelle confère aux techniques d'ingénieur un potentiel de systématisation nouveau, sont pleinement distinctes des mathématiques théoriques :

> La mathématique est « abstractive », en ce qu'elle examine des choses qui existent dans la matière – ainsi des lignes, superficies, triangles –, mais elle les considère abstraction faite de leurs qualités sensibles. Séparées de tout accident par un acte de l'intellect, leurs propriétés peuvent être découvertes par le seul traitement rationnel. La géométrie enseigne les opérations et fournit les principes méthodologiques de la pratique que la main met en œuvre. Quant à la géométrie pratique, elle s'exerce dans la mesure des corps (hauteurs, surfaces, volumes). C'est le travail des « mensores » et des « fabri » : les uns ont pour tâche de mesurer, les autres de réaliser des artifices. (Vérin, 1993, p. 73)

Ainsi, très tôt (à partir du XIIe siècle), « chaque science mathématique [l'arithmétique, la géométrie, l'astronomie, la musique, l'optique, la science des miroirs et la science des poids] peut être spéculative ou pratique. […] À chacune de ces sciences correspond, en outre, une science de l'« ingénierie » particulière. » (Vérin, 1993, p. 73) L'ingénieur s'y adonne surtout *via* des travaux civils et militaires, en rompant déjà partiellement avec la tradition plus concrète (ancré dans la matière) de l'artisan (Vérin, 1993). Une première distanciation épistémologique décisive s'opère ainsi, constitutive du personnage de l'ingénieur moderne tel qu'il est ici conçu (s'auto-représentant à lui-même) : par le fait de l'usage des « mathématiques pratiques », le travail intellectuel de l'ingénieur se distancie alors de celui du « simple artisan. » (Vérin, 1993, p. 42) Pour l'ingénieur en voie et déjà, en un sens, en quête de distinction, la mesure peut désormais se dissocier de la matière par le calcul et l'évaluation; elle devient projective; alors qu'à l'inverse, pour l'artisan, la mesure conserve ses affinités avec la matière (Vérin, 1993).

Ce qu'il importe donc de marquer ici, c'est le fait que dès le XIIe siècle, à l'occasion de cette première distanciation, l'ingénieur acquière de nouveaux moyens techniques : son art se raffine en devenant déjà le vecteur de changements, mais ceux-ci déconcertent en profondeur les valeurs du temps. Nous l'avons évoqué : entre ce XIIe siècle où s'inventent les mathématiques pratiques et le XVIe, et même dans une certaine mesure jusqu'au début du XVIIIe siècle, une ambivalence prévaut à l'égard de la science naissante des ingénieurs, laquelle fait écho à la technique dont la Grèce antique s'était tant méfiée et dans sa foulée les « lettrés » du Moyen Âge. Au cours de ces cinq siècles, un enjeu important du rôle d'ingénieur réside dans la capacité à légitimer ses techniques, à les rendre plus socialement acceptables. Le contexte d'« universelle contrariété » et de discorde entre les royaumes engage l'ingénieur dans une dynamique conflictuelle entre morale (acceptabilité) et rhétorique (stratégie), laquelle dynamique contribue au façonnement du « judicieux », tel que nous le verrons.

C'est donc à partir du XVIe siècle qu'une seconde distanciation constitutive du personnage de l'ingénieur moderne s'effectue, cette fois aux termes d'une « réduction en art » des pratiques de la fortification. En un sens, celle-ci parvient à dissiper l'ambivalence que suscitaient la technique des ingénieurs jusque-là encore perçue comme adultérine, et leur art servile, malgré l'avènement des mathématiques pratiques. En revisitant les traités de fortification que les ingénieurs de l'Europe continentale (surtout Italiens et Français) produisaient au XVIe siècle – traités dont la fonction était intimement liée à la légitimation des moyens de la guerre – Vérin (1993) met donc en lumière une puissante rhétorique fondée dans un idéal rassembleur et une attitude qui, à l'époque, permirent de donner aux techniques de la guerre promue par les ingénieurs de fortification un sens plus compatible avec l'esprit et les traditions du temps.

Un vaste débat a alors lieu entre clercs, lettrés (scolastiques et préhumanistes) et ingénieurs. C'est dans ce contexte que la « réduction en art » de la fortification contribue à *intégrer* raison et tradition : c'est-à-dire à symboliser leur relation; à opérer la « mise ensemble de ce qui cohère sans être cohérent, de ce qui fait connexion sans être pensable. » (de Certeau, 1990, p. 296) Des ouvrages comme celui de Girolamo Cattaneo (1540-1584) – célèbre ingénieur italien, et auteur du traité de fortification *« Capitaine »*, traduit en français en 1574 – sont en ce sens emblématiques : ils contribuent à insuffler une légitimité nouvelle au travail et à la fonction d'ingénieur, mais au-delà, ils incarnent en un sens déjà l'esprit de certains outils et techniques résolument contemporains, comme en particulier ceux de l'aide à la décision dont les potentialités et l'essor sont aujourd'hui propulsés par à l'accès possibles à des quantités de données numériques massives, de même que par la capacité technique relativement nouvelle à les traiter.

Avec Cattaneo, c'est une « théorie opératoire » de la fortification qui se voit en quelque sorte proposée. Fondée sur les mathématiques pratiques, la méthode de Cattaneo, en quatre temps bien circonscrits (amortir, éloigner et esquiver, concerter, nettoyer), rapproche l'art de l'ingénieur des arts libéraux – alors considérer comme le symbole ultime de la raison légitime – tout en construisant sur la tradition et l'expérience des batailles cumulées au fil du temps : soit ce qui serait de nos jours considéré comme « de la donnée ». Il rapproche ainsi le langage de l'ingénieur du temps de celui de l'abstraction, sans toutefois l'y confondre. Car crucialement, ces ingénieurs s'affairent également à différencier la nature de leur travail intellectuel (leur rôle) de celui du savant.

Comme plusieurs autres ingénieurs français et italiens, Cattaneo prend donc activement part au débat et propose des solutions pour arbitrer l'ambivalence, pour la dissiper. Ce faisant, il contribue à changer le rapport de la technique à l'« universelle contrariété » du temps. Tel que nous l'avons vu, un important enjeu du débat oppose

les principes d'une guerre juste (pour laquelle l'art de la fortification pose notamment problème) aux intérêts d'un prince pour la victoire ou la durée du siège. Ces circonstances tendent à construire l'ingénieur comme un vecteur de transgression : « la fortification imprenable par l'effet de sa perfection n'est-elle pas aussi [et surtout] pure affirmation de puissance et, dans sa « hautesse » exclusive de la stratégie rusée, « bassesse »? » (Vérin, 1993, p. 95) Or, le dernier « critère de conception », pourrait-on dire – celui d'assurer la victoire ou la durée du siège, que reprendra d'ailleurs notoirement Vauban – est (ou peut être) sous-tendu par la vertu du bien de la cité, ce « bien commun » tel qu'il était prôné par Aristote. L'ouvrage de Cattaneo, entre autres ouvrages, opère ce recadrage : il associe la volonté du prince (son client) à la défense de ce « bien commun ». À travers cette nouvelle lentille, « l'argument peut se retourner » et les blâmes contre la fortification en regard des principes de la « valeur guerrière » se mitiger.

Ainsi, *via* le problème de la fortification et la solution qu'il y apporte, Cattaneo prend acte de l'antagonisme inhérent à tout problème de conception : « fortifier une province sans « trop fouler » le Prince rend impossible la fortification de toutes les villes. Il va donc falloir « faire élection » de certains sites en pesant « la puissance et le besoing » qu'en a le seigneur, et démanteler les autres. » (Vérin, 1993, p. 146) Toute solution de conception implique un arbitrage, ce dont Cattaneo prend non seulement acte et met en évidence; mais il propose aussi une méthode pour peser systématiquement les contraires dans le but ultime et explicite de favoriser « l'avantage du Prince, de sa province » (Vérin, 1993. p. 147), lequel est désormais aligné (ou alignable) avec la finalité noble du bien de la cité. Ainsi, tel que le remarque Vérin (1993, p. 147), « la formulation même de la finalité de cet art confère à l'ensemble de l'ouvrage [de Cattaneo] son pouvoir heuristique : guider l'ingénieur, c'est lui donner les moyens de faire, à chaque moment, le choix opportun. »

L'heuristique en question, articulée autour du projet de fortification, contribue à opérer un recadrage de la technique depuis sa conception originale adultérine (et immuable en tant qu'agent amplificateur de l'« universelle contrariété »), vers une conception plus ouverte, orientée vers le « caractère potentiel de l'art » (Vérin, 1993, p. 82). Suivant ce recadrage, auquel tous les traités de fortification contribueront dans une certaine mesure, l'« universelle contrariété » devient un « ordre potentiel » (ou un désordre), par opposition à une immuable discorde ou à son contraire, la concorde, tout aussi paralysante pour les êtres humains et les royaumes (Vérin, 1993. p. 82). Ainsi, l'ingénieur incarne et contribue à la fois à façonner ce nouveau rapport de l'Homme à la réalité et à son monde en transformant le sens de l'idée d'entreprise; c'est-à-dire en le retournant. Il y gagne en légitimité et l'acceptation sociale de son rôle – « augmenter des avantages » par le biais d'une technique et de projets techniques au service du projet politique » (Vérin, 1993. p. 82) – s'en trouve améliorée.

La fonction symbolique des nombreux traités de fortification écrits par les ingénieurs de l'époque paraît en ce sens emblématique de la « forme-problème » qu'il s'agit ici de définir. Ces traités constituent en outre de véritables études de cas : « l'art de l'ingénieur s'appuie sur les relations de batailles [documentées à travers leurs pages et] qui doivent permettre une imitation raisonnée et mieux délibérée » (Vérin, 1993, p. 252).

> Le capitaine, en quête d'une maîtrise des attaques ennemies, l'ingénieur chargé de trouver les moyens techniques d'y parer, cherche dans ces récits un corps de connaissances qui, une fois établis les principes d'une imitation raisonnée, permette une action mieux délibérée. Les pédagogues du XVIIe siècle en feront grand cas. (Vérin, 1993, p. 88)

Par les transferts de tradition, d'expériences et de connaissances des batailles sur lesquels ils se fondent, les traités de fortification en viennent à offrir un niveau de

rigueur et de détail impressionnant, qui les rend précurseurs du devis moderne. Au XVIe siècle :

Cet usage critique de la tradition [que constituent les traités de fortification] va se transformer et s'institutionnaliser dans des relevés scrupuleux ordonnés par le roi : journaux de siège, journaux de bord des navires de guerre qui décrivent leur comportement en situation. Il s'agit de faire usage de ces relations, dans des vues de perfectionnement, d'où la nécessité de les normaliser, pour les rendre comparables. Elles comprennent dès lors des relevés (dessins, mesures, proportions) d'artifices, dont les qualités ont été éprouvées. Le scrupule qui règle le recueil de toutes ces données s'exprime dans leur nom commun : devis. Devis de siège, devis de campagne d'un vaisseau, de forme d'un navire... Ce type de "devis" permet de rendre contrôlable et calculable ce qui échappe à la raison théorique; deviser, diviser, c'est ordonner, régler, pour décider. (Vérin, 1993, p. 252)Le personnage de l'ingénieur des XVIe et XVIIe siècles institue donc en quelque sorte le projet de fortification en une science appliquée de la décision. Il opère ce faisant une seconde distanciation constitutive de son statut contemporain :

> L'ingenieur ou entrepreneur doit estre *savant et grandement judicieux* pour adviser aux moyens les plus convenables à l'éxécution de son desseing, pour demesler les maximes de sa profession, afin que son jugement eclairé par les raisons d'icelles, il puisse promptement ordonner sur tous les cas et pourvoir aux accidens qui pourroient advenir. » Citation de Jean Errard, ingénieur français, « Préface à la noblesse françoise. (La Fortification, éd. 1604, cité dans Vérin, 1993, p. 324, accent ajouté)

En soutenant et en montrant qu'il est à la fois « savant et judicieux », l'ingénieur marque la proximité de son art avec les arts libéraux, sans toutefois s'assujettir à l'idéal qu'ils incarnent. Pour lui, il est dorénavant clair qu'« être savant, c'est appliquer bien les principes et les maximes de la théorie à la pratique, allant ainsi du général (voire de l'universel) au particulier » (Vérin, 1993, p. 324) alors qu'« être

judicieux, c'est savoir appliquer les choses sensibles aux choses sensibles, selon des choix qui conviennent aux effets recherchés; aller donc, dans la quête d'un meilleur modèle, en partant des divers modèles existants, vers la combinaison qui répond au mieux aux exigences de l'intention : aller du multiple à l'un. » (Vérin, 1993, p. 324)

La « gloire de l'ingénieur » résiderait donc précisément dans le fait de « constituer le lieu où s'intersectent ces deux plans, où s'articulent par conséquent la science et l'art. » (Jorland, 1994, p. 918) À partir du XVIe siècle et plus fermement dans le XVIIe siècle, l'ingénieur paraît réduire ses aspirations au « statut » de savant, puisqu'il bénéficie désormais d'un statut, d'une démarche intellectuelle, de capacités (une science technique, technoscience) et d'un rôle qui lui sont propres.

Ainsi, s'il faut néanmoins attendre le XVIIIe siècle pour que l'idée d'innovation ne risque plus d'entraîner d'opinions défavorables, c'est à partir du XVIe siècle qu'il devient plus envisageable pour l'homme de transformer le monde par la technique, d'intervenir légitimement sur lui pour changer le « cours naturel des choses ». C'est dire qu'à ce moment de l'histoire, advient pour la première fois la « possibilité de donner à une situation la forme d'un problème » (Vérin, 1993, p. 11). Par l'ouverture de ce projet de transformation du monde – ou de cette « place inédite de la technique » –, le personnage de l'ingénieur moderne acquiert sa substance propre. En même temps que s'accroît l'emprise de l'homme sur son monde, l'esprit du temps s'imprègne des potentialités de la nouvelle représentation, celle de la « forme-problème » nouvellement admise : par elle « la contrariété est grosse d'un ordre à réaliser, et c'est aux hommes de s'y appliquer, la tâche est devant eux. » (Vérin, 1993, p. 82) Tel que l'illustre Vérin (1993), c'est « à cette mise en forme-problème que reviendrait, en effet, l'essentiel de la technologisation des arts » (Vérin, 1993, p.

11). Nous verrons à quel point encore bien plus semble lui revenir aujourd'hui. À partir de là, néanmoins :

> Le travail des ingénieurs consisterait précisément à réduire toutes sortes de situations dans les termes de problèmes qui peuvent être exposés et compris par les différents acteurs dont le projet définit les rôles et les tâches. Il [le projet] prend la forme d'un problème, c'est-à-dire, par définition, ce qui contient dans l'exposé de ses termes les conditions de possibilités de sa résolution. Sa structure même détermine le champ des « demandes » possibles, des choix possibles, dont elle permet de contrôler la validité. (Vérin, 1993, p. 11-12)

Avec la possibilité de se représenter le monde sous la « forme-problème », apparaît donc également un nouveau pouvoir : celui d'exclure certaines solutions et donc certains acteurs du champ des possibles projetés. Car si, en effet, « la tâche [de réaliser cet ordre potentiel] est devant eux », il n'en demeure pas moins que seuls certains hommes participent à la définition des projets ou, corollairement, à la mise en « forme-problème » qui « définit les rôles et les tâches » de chacun. Les individus par lesquels est effectué ce travail – dont, crucialement, les ingénieurs de guerre – héritent en grande partie du nouveau pouvoir; un pouvoir que l'État s'efforce déjà de contraindre au XVIe siècle (Vérin, 1993). Les traités de fortification sont en ces sens des précurseurs du devis de projet des ingénieurs : ils confèrent à l'expérience un statut de « modèle pour une situation à venir » (Vérin, 1993, p. 84), de même qu'ils incarnent « la double obligation qui sera faite [par les dirigeants des gouvernements aux ingénieurs] de rendre compte et de rendre raison de leurs projets. » (Vérin, 1993, p. 84)

À la lumière du propos d'H. Vérin (1993), l'on comprend donc que le fondement en art et en science de la mise en « forme-problème » amène aussi l'ingénieur à fonder en art et en science le projet. Ainsi racontée, l'histoire construit le « projet » – tout comme l'idée moderne entreprise, d'ailleurs, bien que moins exclusivement – comme une catégorie proprement liée à la naissance de l'ingénieur, par laquelle se constituent

un nouvel espace d'intervention, et des nouveaux rôles et tâches dont il a la responsabilité (et le privilège) de fixer.

2.3.2 Le « projet » comme catégorie d'ingénieur

Cependant qu'ils inventent la mise en « forme-problème » en formalisant une « théorie opératoire » de la fortification et de l'attaque apte à susciter le renversement des idéaux de leur temps, les premiers ingénieurs modernes renouvellent donc également le sens du mot « projet ». Depuis le XIIe siècle, le « proujet » relevait déjà de l'ingénieur, lorsqu'il procédait « à la reconnaissance avancée d'une place, en vue d'en préparer les dispositifs utiles à son siège » (Vérin, 1993, p. 23), ce qui ne menaçait pas de transgresser les idéaux du temps. En étant lié, à partir du XVIe siècle, au modèle du « problème à résoudre », à la fortification et à l'attaque, à l'idée d'innovation, le « projet » se rapproche davantage de l'un des sens qu'on lui connaît aujourd'hui. Il devient de plus en plus synonyme d'« un véritable commencement qui en assume tous les risques; c'est le temps pragmatique de l'entreprise politique qui transforme le désordre en occasion » (Vérin, 1993, p. 83) :

> L'art [de l'ingénieur] le permet [ce commencement par le projet], facilitant les choix, anticipant les avantages et les inconvénients, leurs possibles combinaisons. Plus légitimement, en maîtrisant la nature, en serrant dans les rets de la géométrie les violences et incongruités de la matière. Et d'abord, puisqu'il s'agit beaucoup de guerre, en inventant un nouvel art de fortifier et en transformant cette chose épouvantable qu'est l'artillerie en un objet dont on contrôle les effets. (Vérin, 1993, p. 83)

Mais ces effets sont-ils contrôlés matériellement, ou discursivement? Si ce contrôle des effets de l'artillerie s'est en partie exercé matériellement, via l'amélioration de la technologie, le propos de Vérin (1993) suggère qu'une telle avancée n'aurait pas suffi. Plus fondamentalement, le contrôle des effets devait également se construire socialement comme étant suffisant et légitime par la médiation d'un discours apte à

renouveler la manière dont on se représentait l'ordre et la vertu dans la guerre, de même que (corollairement) le désordre et la transgression.

Ainsi, au XVIe siècle, l'« entreprise » devient peu à peu légitime dans sa désignation de la défense ou de l'assaut d'une forteresse au moyen des artifices d'ingénieur. Plus tard, aux XVIIe et XVIIIe siècles, le sens du mot « entreprise » en vient également à inclure la société privée par laquelle se réalise un projet d'ingénierie dite civile, de nos jours, c'est-à-dire ces grands travaux d'infrastructures commandés par l'État. Parce que c'est alors le propre de la « production par entreprise » d'être temporaire et de réunir un grand nombre d'acteurs – l'ingénieur, les trésoriers d'État, des bourgeois de la ville, l'entrepreneur, les ouvriers (menuisiers, forgerons, peintre, ferblantiers…), et d'autres encore (Vérin, 1993) –, cette entreprise exacerbe la possibilité de l'émergence d'un paradoxe au fondement de la fonction d'ingénieur moderne, laquelle consistait déjà (nous l'avons vu) et consiste encore aujourd'hui à « opérer des choix à l'aide d'une évaluation qui se fonde sur la pondération d'utilités contraires. » (Vérin, 1993, p. 76)

Déjà, au XVIe siècle, l'ingénieur était confronté à une tension entre, d'une part, un souverain (mandataire de l'ingénieur) aspirant à tout prix à une victoire guerrière – et donc pour lequel l'innovation de l'artillerie constituait l'instrument par excellence – et, d'autre part, les idéaux et traditions de pensée de son temps. Tel que nous l'avons vu, une innovation d'ores et déjà pratiquée devait donc être légitimée a posteriori. Différemment, aux XVIIe et XVIIIe siècles, c'est à travers le projet et la « production par entreprise » que l'émergence de ladite tension se cristallise. Car :

> Les devis dressés par des ingénieurs […] étaient […] la traduction en contrat, en fait économique, d'un projet politique; le projet technique, consigné dans le devis, était l'effet de la rencontre d'un projet politique – celui du roi – et d'un projet économique – celui de l'entrepreneur – ; le premier visant l'accroissement de sa puissance, le second, celui de son profit. C'est dire que leurs ambitions respectives excédaient la production

> et le produit lui-même, qui n'en étaient que l'occasion, pour l'entrepreneur, que le moyen, pour l'État. Occasion n'est pas moyen. Le rapport aux produits, aux productions, au temps n'est pas le même. (Vérin, 1993, p. 227)

Bien que certaines des catégories évoquées dans la précédente citation ne conviennent pas au monde aujourd'hui, la tension qu'y expose Vérin (1993) s'avère constitutive de l'ingénierie moderne et donc, à ce jour, d'une vibrante actualité. Le devis d'ingénieur, en ce qu'il cristallise depuis le XVIe siècle européen le résultat de la « pondération d'utilités contraires », paraît constituer à ce jour l'un des objets par lequel se résout localement (et toujours temporairement) l'injonction contradictoire du projet (cf. chapitre IV) qui met en tension l'occasion (ici économique) et le moyen (ici politique). C'est en ce sens que le devis constitue le « chef-d'œuvre de l'ingénieur » (Vérin, 1993, p. 230) : le projet et le devis traduisent ensemble la fonction essentielle de médiation entre l'économique et le politique du personnage de l'ingénieur moderne en délimitant l'espace inédit au sein duquel pourront s'exercer ses fonctions, et (donc) la résolution temporaire de la tension : soit l'espace inédit de la technique. Car, contrairement au travail de l'artisan, le travail de l'ingénieur s'entremêle toujours d'économique et de politique.

Par cette dernière proposition, Vérin (1993) contredit l'acception commune (évoquée plus tôt) selon laquelle « la technologie primitive [de l'artisan] est sans aucun doute la mère de l'ingénierie moderne. » (Florman, 1994, p. 113) Car si « un devis doit être regardé comme le 'chef-d'œuvre de l'ingénieur' […], [il ne faut pas] en conclure que son travail vient en place de celui de l'artisan dont le chef-d'œuvre, selon les règles des métiers, consacre la maîtrise et le talent » (Vérin, 1993, p. 230) :

> Plutôt, l'analogie marque la différence. Le chef-d'œuvre de l'artisan est un objet accompli : un modèle, un instrument… alors que celui de l'ingénieur, le devis, concerne l'accomplissement d'un projet, étant 'ce dont dépend absolument l'exécution du dessein qu'il a en vue' [tiré de Bélidor]. C'est par ce pouvoir d'anticiper que se distingue le talent de

> l'ingénieur : le devis est ce qui permet de répondre au plus juste à des intentions [contradictoires]. (Vérin, 1993, p. 230)

Des intentions que l'ingénieur doit anticiper et faire convenir, en dépit des contradictions, notamment...

> ... celles qui dérivent [alors] du projet royal : accroître la puissance de la nation. Il se diffracte et se détermine dans des choix, discutés dans des conseils particuliers. Chacun de ces conseils et chaque ministère privilégie les impératifs dont il a la responsabilité : aux Finances, ceux de la dépense; à la guerre, ceux de la défense ou de la victoire sur l'ennemi; au Commerce, à l'Industrie, les avantages de productivité et de circulation des marchandises. Tout projet doit [légitimement] combiner ces considérations [ou ces impératifs pragmatiques]. Ainsi, à la limite, l'ingénieur ne doit pas tant faire le projet d'un objet concret, que celui qui se conforme au mieux à cette combinaison. » (Vérin, 1993, p. 230)

L'on sent bien, ici à nouveau, le défi terrible de résoudre les mises en tension effectuées à travers le projet : la convergence légitime des intérêts contraires est-elle toujours possible? Et est-il toujours possible d'anticiper à la fois les intentions des hommes, et les comportements de la matière?

> Il est des cas […] où de tels modèles sont impraticables, parce qu'on rencontrera au cours des travaux 'quelques nécessités de faire quelque chose de plus ou de moins'. Comment parvenir à 'une suffisante connoissance' de ce plus ou moins, avant que la nécessité n'apparaisse? (Vérin, 1993, p. 226)

Peu importe qu'on y parvienne, ou non, cette « exacte coïncidence entre le devis estimatif et le devis des travaux », « c'est à l'ingénieur de la rendre effective. » (Vérin, 1993, p. 226) Le défi est terrible, mais ici encore un important pouvoir s'y associe. Déjà aux XVIIe et XVIIIe siècles, la tâche qui revient à l'ingénieur de rendre effective la coïncidence entre les devis « [met] le ministre à la merci de possibles collusions entre l'ingénieur et l'entrepreneur. » (Vérin, 1993, p. 226) Dans une large mesure, la place qu'en vient à occuper le projet et le devis d'ingénieur aux XVIIe et

XVIIIe siècles, de même que toutes les questions que suscite cette place, trouvent leur équivalent jusqu'à aujourd'hui. Vérin (1993) résume ainsi la situation :

> On pourrait dire, dans le jargon d'aujourd'hui, que la technique de l'ingénieur consiste à produire un artifice qui réponde à une intention multicritères grâce à une combinaison optimale d'effets calculables. Ce qui se résume dans les deux principes qui doivent guider l'action de l'ingénieur : en gros comme en détail, rendre raison et rendre compte de ses choix. Le plan général du projet, qu'il soumet à la décision du roi [ou, aujourd'hui, à des instances gouvernementales et corporatives], doit répondre à ces deux impératifs; le devis doit en régler les procédures d'application. (Vérin, 1993, p. 230)

Ensemble, le projet et le devis engagent donc l'ingénieur moderne à la fois à « prévoir l'imprévisible » et à répondre à « l'exigence simultanée de ces contraires qui modèle la fonction [lui ayant été] impartie. » (Vérin, 1993 : 10) C'est en ce sens que « les fonctions d'ingénieur ne pouvaient s'exercer qu'en un lieu inédit » (Vérin, 1993, p. 181), au confluent des tensions entre (notamment) l'économique et la politique (Vérin, 1993) : « en gros comme en détail, rendre raison et rendre compte de ses choix », sans pourtant tomber dans l'abus du pouvoir que confèrent la connaissance et le mandat techniques légitimés des ingénieurs de mettre en « forme-problème » les grandes contrariétés de leur temps. Vérin (1993) exprime donc ainsi l'ampleur de la responsabilité (et des dérives possibles) qui s'associe aux fonctions d'ingénieur moderne à partir du XVIIIe siècle :

> Cette place où l'on ne s'était jamais avisé de mettre personne, on y a mis les ingénieurs […]. Pour l'occuper, il leur faut de la vertu. Une vertu qui tient à ce qu'ils ne sont pas situés seulement au point de rencontre de la théorie savante et de la pratique tâtonneuse, des rigueurs déductives et des synthèses constructives, des opérations techniques et des tâches manœuvrières, mais aussi parce qu'ils sont au carrefour d'intérêts contraires et qu'il faut faire convenir à tout prix. (Vérin, 1993, p. 403)

À la lumière de ce bref retour aux origines de l'ingénieur moderne, l'idée selon laquelle l'organisation par projet serait caractéristique non seulement de l'entreprise du XXIe siècle, mais aussi, plus largement, qu'elle constituerait le cœur d'un *« nouvel esprit du capitalisme »* – avec Boltanski et Chiapello (1999) –, devient intrigante. En quoi la nouvelle prégnance, depuis le début des années 1980, du concept de « projet » dans la pratique et les théories de gestion peut-elle aider à comprendre le rapport actuel de l'ingénieur à l'entreprise? Nous reviendrons sur la question.

Pour l'instant, replongeons-nous brièvement dans l'atmosphère de la première révolution industrielle en Angleterre, afin d'en tirer également quelques éléments qui aideront à la compréhension du présent de l'ingénieur et de son *invisible centralité*.

2.4 L'ingénieur au fondement de l'utopie technique : l'âge des révolutions et la naissance de la société industrielle

Du point de vue du personnage de l'ingénieur, de son rapport à l'entreprise et de la « forme-problème » qui les sous-tend essentiellement, les XVIe et XVIIe siècles furent donc très notamment ceux de la France et de l'Italie. Les efforts de théorisation et l'expertise technique des ingénieurs continentaux, surtout en matière de fortification et de construction navale (au XVIIe siècle), concernent toute l'Europe, à différents degrés selon les États. À l'inverse, cependant, bien que le progrès des idées et des techniques ne s'arrête en rien sur le continent européen, au XVIIIe siècle, la nouveauté paraît en quelque sorte revenir à l'Angleterre. Sur les plans épistémologique et théorique – en continuité avec le travail entamé aux XVIe et XVIIe siècles –, l'ingénierie poursuit ses avancés sur le continent européen pendant cette période, notoirement en France. Ainsi, vers 1770, lorsque Ménard et Borda jettent à l'eau des madriers dans le port de Versailles pour expérimenter le comportement de leur modèle, les deux ingénieurs français continuent manifestement l'effort d'efficacité qui distancie l'ingénieur du savant au cours des deux siècles précédents :

> Trop avertis des effets du dimensionnement pour tomber dans les pièges de la mise en scène, ils [Ménard et Borda] ont par ailleurs d'autres soucis que de découvrir une formule si générale qu'il ne saurait l'appliquer au particulier dans lequel ils œuvrent. […] Cherchant d'autres expériences utiles à leur propos, ils sont amenés à faire d'autres choix que les savants, et à travailler sur des modèles plus proches des conditions concrètes qu'ils connaissent; des modèles, dit-on alors, « plus réguliers », c'est-à-dire qui comprennent plus de règles particulières, et donc moins « puissants », applicables à un moins grand nombre de situations différentes. La valeur de pertinence des effets recherchés n'est plus de science, mais de technique : dans certaines limites, au-delà ou au-deçà desquelles les effets observables n'apprendraient rien pour la pratique. (Vérin, 1993, p. 313-314)

En France, la création du *Corps des ponts et chaussées* en 1716, de *l'École du corps royal du génie* en 1749, de *l'École des mines* en 1778 et finalement de *l'École polytechnique* en 1794, marque la tendance. L'École Polytechnique incarne à ce jour le succès d'une certaine figure de l'ingénieur : celle de l'ingénieur scientifique (mathématicien), dont la France fut la pionnière.

En parallèle et à peu près au même moment, un tout autre courant émerge en Angleterre qui relève d'un type d'entreprise nouveau, à la racine institutionnelle des sociétés industrielles, et dont le caractère distinctif – pleinement moderne – s'avère non plus de faire advenir le potentiel productif que l'entreprise incarne désormais résolument, mais bien de le décupler en intégrant les projets politique et technique à l'intérieur (ou au bénéfice) du projet économique. Les rapports entre ces types de projets sont donc différents de ce qu'ils ont jusqu'alors été, sur le continent : en France – nous l'avons vu –, la dimension politique de l'idée d'entreprise s'incarne concrètement à travers le projet du Roi (dont la production constitue le moyen d'accroissement de la puissance du Royaume) en entrant en tension avec le projet économique de l'entrepreneur (dont la production constitue l'occasion de profit), cette tension étant transcendée dans-et-par le projet technique et la « forme-problème » qui le sous-tend. Différemment, suivant l'esprit de la première révolution

industrielle qui s'amorce en Angleterre, la dimension politique de l'idée d'entreprise se lie à l'État de droit en voie de constitution, mais aussi et peut-être surtout (en ce qui nous concerne ici) à l'émergence et au foisonnement nouveau d'utopies techniques fondées dans un idéal réticulaire d'unification et de ré-enchantement des peuples en pertes de repères symboliques, suivant le prétendu renversement de la tradition. Le personnage de l'ingénieur – tel que nous le verrons – se voit donc ici à nouveau mis dans le rôle de transcender des tensions qui posent obstacle à l'avènement d'une conception nouvelle de l'entreprise : non seulement agit-il en tant que second indispensable de l'entrepreneur du temps, c'est-à-dire en tant que « traducteur de la science, inventeur de techniques qui donnent le pas à la science » et, ce faisant, qui « s'emploie à tirer le plein potentiel des inventions de la révolution industrielle » (Déry, Pezet et Sardais, 2015, p. 14); il est aussi largement celui qui inspire les utopies du moment, et même parfois celui qui devient l'utopiste en soi – suivant par exemple le mouvement des saint-simoniens. Déjà, l'ingénieur de ce temps s'avère véritablement le précurseur du gestionnaire moderne – nous l'avons effleuré, et poursuivrons plus avant –, mais en tant qu'utopiste, c'est aussi des gourous du management qui naissent vers la fin du XXe siècle (Déry, Pezet et Sardais, 2015; Jackson, 2001) dont il devient manifestement le précurseur :

> [Ceux-ci] vont contribuer à façonner l'imaginaire entrepreneurial de l'époque en proclamant que les progrès sociopolitiques passent nécessairement par l'ingéniosité et la productivité des entreprises ou par l'instauration de communautés productives et harmonieuses, voire même de villages industriels et coopératifs dans lesquels l'entreprise tiendrait le rôle d'organe protecteur et de lieu de partage. (Déry, Pezet et Sardais, 2015, p. 14)

Bien que plus prosaïquement, l'on conçoit donc à quel point certaines des inventions auxquelles les ingénieurs britanniques aboutissent au courant du XVIIIe siècle s'avèrent structurantes pour l'Europe tout entière, sur les plans économique, social et historique. Parmi celles qui marquent l'imaginaire de l'époque : le moteur à vapeur et

son application dans la locomotive à vapeur (dont les brevets sont déposés en Angleterre par James Watt en 1769 et en 1784), de même que les premières machines-outils (dont la *jenny* de James Hargreaves (1764), le *water frame* de Richard Arkwright (1769) et la *mule-jenny* de Samuel Crompton, toutes pour le filage; les laineuses et tondeuses mécaniques (*gig-mills* et *shearing frame*) pour la laine; etc.). Aux XVIIIe et XIXe siècles, ces nouvelles technologies deviennent à la fois les symboles d'un idéal, voire d'une utopie montante, et l'objet d'une profonde critique dont les échos sont encore très perceptibles aujourd'hui : par exemple, des résistances aux mécaniques sur les territoires de la laine ont lieu en France et en Angleterre entre 1800 et 1830 (Jarrige, 2009, p. 56); des bris de machines issus de la mécanisation du coton ont lieu en France et en Angleterre entre 1780 et 1815. (Jarrige, 2009, p. 23)

Une part du dynamisme inventif de l'Angleterre du XVIIe siècle est attribuable aux particularités du contexte politique et économique qui y règne, si l'on compare avec celui des États de l'Europe continentale. Alors qu'en France, en Italie et ailleurs, la fonction d'ingénieur est d'abord militaire ou civile, et en ce sens très liée à un État centralisateur, l'ingénieur britannique évolue plutôt indépendamment de l'État. Peter M. Jones (2009) fait ressortir les grandes lignes du contexte au sein duquel l'ingénieur britannique émerge au XVIIIe siècle :

> Le rôle relativement peu important du gouvernement dans la gestion de l'activité économique est une constante de l'histoire des îles Britanniques du 18e et du 19e siècle. Dans l'Angleterre de l'époque, il est possible d'identifier bon nombre de sphères sociales et économiques au sein desquelles l'entreprise privée et le « laissez-faire » opèrent à la place de tout interventionnisme du gouvernement. […] L'Angleterre joui au début du 18e siècle d'une société comparativement libre au sein de laquelle les individus ont le droit de mener leurs vies comme bon leur semble et de seller des contrats avec une interférence minimale des groupes d'intérêts ou des entités corporatives [comme l'Église, les guildes ou les gouvernements]. En comparaison de ses voisins continentaux, l'Angleterre du 18e siècle ne maintient pas un établissement militaire

> extensif dont les nerfs structurent la vie autant privée que publique. (Jones, 2009, p. 217, traduction libre)

Ainsi, déjà à la fin du XVIIe siècle, sur un fond de libéralisme précoce, le germe d'une pratique « privée » de l'ingénierie commence à se développer et à évoluer en Angleterre (Jones, 2009). En quête d'utilité et de brevets, cette pratique émergente est complètement dissociée de l'État ou de toute fonction militaire (Jones, 2009). Les ingénieurs qu'elle rassemble sont à nouveau entrepreneurs, au sens pleinement moderne de l'expression, mais ils sont aussi souvent inventeurs. Contrairement aux ingénieurs français, ils n'ont pas de formation théorique : ces ingénieurs acquièrent leur savoir et compétence *via* la pratique (*apprentiship*). Ils paraissent s'intéresser tout particulièrement au mouvement et aux fluides (pompage de l'eau)[15], à la propulsion et à la vapeur comme fluide de travail[16], notamment, afin de répondre au problème de la rareté en eau potable à Londres, et à celui du drainage de terres pour l'agriculture et des mines de métaux et de charbon, dont les tunnels et galeries s'inondent régulièrement[17]. Les savoirs que ces ingénieurs « indépendants » parviennent à consolider s'apparentent à ceux qui plus tard seront associés à l'ingénieur mécanique (Rae, 1975, p. 34).

---

[15] W. H. G. Armytage (1961, p. 71) parle d'« ingénieur de drainage » pour les mines profondes et les « trous à charbon ». À partir de 1630, des brevets auraient été obtenus par des Britanniques pour avoir inventé de nouvelles méthodes de pompage activées à partir de la vapeur : sous Charles I, David Ramsay et le Marquis de Worcester figurent parmi les premiers expérimentateurs.

[16] Le moteur Newcomen (à pistons activés par la vapeur), inventé par Thomas Newcomen et Thomas Savery en 1711, « pompe 120 gallons d'eau par minute sur une hauteur de 153 pieds». Elle est exportée en France et ailleurs en Europe. W. H. C. Armytage, 1961, p. 80-81.

[17] « The pump was a symbol of salvation in seventeenth-century England, for it was not only the answer to flooded mines but it enabled water to be brought to the towns [desquelles Londres fait partie] and removed from potential agricultural land. » (Armytage, 1961, p. 71)

En plein cœur de la période qui nous intéresse a également lieu la guerre de l'indépendance américaine – entre 1775 et 1783, dont les conséquences économiques pour l'Angleterre sont importantes (Jarrige, 2009, p. 28-29) – et la Révolution française, dont les suites affectent l'Europe entière pendant plusieurs décennies. Les guerres nombreuses qui suivent la Révolution française en opposant des alliances instables entre les États et, plus globalement, l'Occident et l'Orient induisent un climat qui s'apparente avec celui de l'« universelle contrariété » du Moyen Âge classique et du début de la Renaissance. À l'instar des « lettrés » et des ingénieurs de fortification, bon nombre d'intellectuels, d'entrepreneurs et d'ingénieurs postrévolutionnaires s'insurgent devant le désordre ambiant. Ils rêvent notamment d'un monde unifié (« réticulaire »), au sein duquel le lien entre les cultures et les échanges économiques soutiendraient la « communion de l'Orient et de l'Occident » (Musso, 1999, p. 108) et une « association universelle » (Musso, 1999, p. 124). C'est notamment dans l'espoir de favoriser la sortie de crise et la mise en place d'une société libre des violences et des oppositions entre les peuples que ces hommes (dont les saint-simoniens) prônent une industrialisation sous-tendue par un usage généralisé des machines-outils et la diffusion large du chemin de fer (Musso, 1999, p. 98-124). Leurs aspirations sont sociales, politiques, économiques et industrielles. Le discours qui les accompagne contribue à construire ce que François Jarrige (2005, p. 200) appelle « l'imaginaire utopique des techniques ».

C'est donc en observant l'aboutissement ce parcours, tout à fait singulier, que Sullivan (1989) constate que « le dernier quart du XVIIIe siècle inaugure un « âge des inventions » en Angleterre » (Sullivan, 1989, p. 424-452., cité dans F. Jarrige, 2009, p. 24). Selon François Jarrige (2009, p. 24), les tout premiers moments de l'« âge des inventions » tendent à signifier « la primauté et l'originalité de l'industrialisation britannique » : elle aurait agi en tant que précurseur de la Révolution industrielle qui s'étend à une plus large échelle au tournant du XIXe siècle. À partir de 1780, plusieurs inventions des ingénieurs britanniques sont en effet exportées vers la France

et se diffusent en Europe occidentale. Tout comme ils l'ont fait en Angleterre au moment de leur implantation sur les territoires et dans les milieux ouvriers, les machines-outils et les chemins de fer donnent alors lieu à des conflits partout où ils apparaissent pour la première fois; ces derniers sont plus ou moins intenses et plus ou moins durables en fonction des contextes.

Ce qu'il importe donc de marquer ici, c'est le chemin que parcoure la « forme-problème », à la fois alternatif et tout à fait analogue à celui que nous avons vu précédemment. À l'origine émergée de la tradition, la « forme-problème » resurgit ici avec l'ingénieur industriel montant, en délimitant un autre espace jusque-là inédit de la technique : soit celui de l'imaginaire et de l'utopie. Cet espace relève bel et bien de la technique – et non seulement du socio-politique, tel que le mot « utopie » tend d'emblée à le suggérer –, au sens où (selon Jarrige) c'est une véritable « pédagogie des machines » qui s'en dégage : une telle pédagogie relevant au moins en partie du calculable et du calculé, elle confère alors une puissance symbolique renouvelée (modernisée) à la « forme-problème », en la rendant mieux apte à susciter les passions raisonnées et raisonnables de son temps – sa racine traditionnelle ayant depuis lors été « tronquée » : c'est-à-dire enfouie, dans son paradoxe. Ici encore, donc, la potentialité qui s'incarne à travers la « forme-problème » se pose en réponse à l'« universelle contrariété » propre à un lieu et à un temps, mais c'est désormais le désordre – et non la discorde – qui est perçu à l'avant-plan, ainsi que l'ordre potentiel qu'il incarne en puissance.

Ainsi, malgré les critiques nombreuses et même le refus radical des propositions technologiques caractéristique du temps de la révolution industrielle, un revirement semble à chaque fois s'opérer suivant le mode de la symbolisation que Michel de Certeau associe pourtant vers 1980 assez exclusivement au raté et à l'échec de la raison. L'existence d'une symétrie et d'une circulation serait donc à rechercher entre la potentialité technologique, spontanément associée à l'ingénieur – souvent dite

technophile –, et la potentialité tout court – qui à l'autre extrême d'un spectre encore à définir semble souvent prendre les airs de la technophobie.

2.4.1 L'avènement d'une pédagogie des machines au temps des « tueuses de bras »

Tel que nous l'avons vu, sous l'appellation « machine-outil » sont regroupées différentes inventions qui répondent à des fonctions diverses. À la fin du XVIIIe et dans la première moitié du XIXe siècle, les machines-outils apparaissent partout en Europe, mais surtout et plus rapidement en Angleterre, en France et en Belgique (Jarrige, 2009, p. 16), dans des secteurs proto-industriels aussi variés que ceux du textile (coton et laine), de l'imprimerie, de l'ébénisterie, de l'agriculture, de la boulangerie, du travail du fer, etc. (Jarrige, 2009b, p. 4). Dans tous ces secteurs, des ouvriers et d'autres acteurs concernés prendront part à des soulèvements, à des émeutes, à des épisodes de « bris de machines ».

La mécanisation perturbe parfois l'ordre social en imposant une réorganisation des systèmes de production, ruraux, pour la plupart. Par exemple, dans le domaine du textile (coton et laine), celle-ci se déplace depuis les campagnes, où elle avait évolué jusqu'alors, vers des usines plus à proximité de centres urbains. Dans d'autres cas, les opérations restent à la campagne, mais une redistribution des rôles s'effectue : pour les ouvriers du coton du Lancashire (en Angleterre), notamment, le nombre de broches s'accroit sur les fileuses en requérant plus de force musculaire. Les hommes sont donc appelés à intégrer des manufactures qui n'avaient jusqu'alors employé que des femmes. Et les femmes, elles, continuent de travailler sur les plus petites *mules*. La mécanisation de la production du coton dans le Lancashire aboutit à une amélioration des conditions de travail : une nouvelle « aristocratie du travail » émerge du changement (Jarrige, 2009, p. 34).. Ailleurs, la situation est plus complexe. En Normandie, notamment :

> Les émeutes contre les mule-jennies à l'époque révolutionnaire sont liées à la défense de leurs ressources par les ouvriers du textile de plus en plus dépendants du travail industriel à domicile, mais aussi à celle d'une identité sociale complexe façonnée au cours du XVIIIe siècle. La complémentarité entre les sexes, le travail féminin comme ressource indispensable à la famille, le début d'une monétarisation de l'économie familiale grâce aux activités industrielles complémentaires des travaux agricoles sont devenus des réalités. (Jarrige, 2009, p. 39)

De manière générale, les nouvelles machines visent à augmenter la productivité, ce qui est un fait nouveau en soi pour l'époque (Jarrige, 2009, p. 25) :

> Autour du 1790, les nouveaux procédés techniques visent moins à diversifier les produits ou à améliorer leur qualité qu'à intensifier la production et à permettre des gains de temps. À une économie qui privilégie la qualité se substitue peu à peu la production de masse qui vise d'abord à l'augmentation des quantités produites. Les bris de machines résultent de ce nouveau contexte inventif. (Jarrige, 2009, p. 25)

En Angleterre, une part cette nouvelle orientation de la production découle d'une période de crise économique attribuable à la guerre d'indépendance américaine (Jarrige, 2009, p. 29). Similairement, en France, c'est en continuité avec le colbertisme de la fin du XVIIe siècle que les acteurs économiques « se convertissent progressivement aux vertus de la mécanisation » (Jarrige, 2009, p. 33) :

> Les inspecteurs de manufacture [souvent des ingénieurs à l'emploi de l'État] deviennent de fermes « zélateurs de progrès » et cherchent de plus en plus « le statut par les mécaniques »[18]. En un siècle où les élites célèbrent les inventeurs et se passionnent pour les Arts et Métiers, le

---

[18] Ph. Minar, *La fortune du Colbertisme. État et industrie dans la France des Lumières*, Paris, Fayard, 1998, p. 249. Cité dans F. Jarrige, 2009, p. 33.

> statut de l'innovation se transforme : « Nouveauté a fini par rimer avec sécurité, routine et tradition avec corruption.[19] » » (Jarrige, 2009, p. 33)

L'esprit qui s'était initié plus tôt, au tournant de la Renaissance – alors que la « forme-problème » permettait d'entrevoir le potentiel dans l'« universelle contrariété » en la retournant – culmine donc ici, à la fin du XVIIIe siècle, au sein d'une certaine élite économique et administrative. Cependant, « à la veille de la Révolution, cette foi dans la nouveauté se heurte encore aux traditions et aux coutumes établies. » (Jarrige, 2009, p. 33)

Alors que certains patrons soutiennent que la mécanisation de la production aboutira à une requalification du travail, à une meilleure répartition des profits et, donc, qu'elle contribuera à lever la précarité économique ambiante (et croissante), les ouvriers, leurs familles et les autorités locales craignent les conséquences des machines « tueuses de bras ». L'inquiétude est largement partagée (Jarrige, 2009b). À partir de 1770 jusque dans la décennie de 1830, des émeutes éclatent à différents endroits. Des centaines de machines sont détruites et des bâtiments brulés. Dans certaines régions (comme dans le Lancashire), la résistance se dissipe rapidement. Ailleurs, elle perdure et devient très violente. « Chaque pays et chaque région possèdent ses spécificités. » (Jarrige, 2009, p. 34) Tout au long de « l'âge des révolutions », les acteurs des bris de machines n'acceptent pas facilement le nouveau message véhiculé par les élites économiques du temps : « celui de l'accroissement de la productivité et du développement industriel. » (Jarrige, 2009, p. 280)

Néanmoins, les émeutes cessent partout au cours de la première moitié du XIXe siècle : « la 'question des machines', peu à peu incluse dans la question sociale, est

---

[19] L. Hilaire-Perez, *L'invention technique au Siècle des Lumières*, Paris, Albin-Michel, 2000, p. 303. Cité dans F. Jarrige, 2009, p. 33.

résolue dans le sens de l'optimisme technicien » (Jarrige, 2009b, p. 5). La fin des épisodes marque le début de l'ère de la société industrielle. Pour que ce nouvel « optimisme technicien » s'installe et se généralise à une aussi grande échelle – note François Jarrige –, « la répression ne suffisait pas, il fallait aussi convaincre tous les acteurs de l'économie des bienfaits de la machine. » (Jarrige, 2009b, p. 5) L'historien attribue à différents facteurs l'installation de circonstances favorables à l'essor de la mécanisation. Mais partout, ces différents facteurs participent à la construction et à la diffusion d'une « utopie technologique » – nouvel argumentaire basé sur « l'œuvre de l'économie politique industrialiste et de la science des machines qui triomphent [à l'époque] entre Ricardo et Marx » (Jarrige, 2009b, p. 5) L'un des mécanismes centraux de cette « utopie technologique », soit de sa diffusion, prend la forme d'une « pédagogie des machines » :

> Ce nouvel arsenal argumentaire en faveur des machines a été diffusé et transmis par de multiples canaux et méthodes pédagogiques durant la première moitié du XIXe siècle, accompagnant et justifiant le déclin des résistances aux machines. De part et d'autre de la Manche, selon des temps et des chronologies variables, la presse à bon marché, l'enseignement technique, les expositions et les conférences, la littérature édifiante et les ouvrages de vulgarisation, ont contribué à l'imposition d'un capitalisme industriel qui n'allait pas de soi. Cette pédagogie des machines, associée aux améliorations objectives constatées par la majorité des classes populaires à la suite de la prospérité du Second Empire ont contribué à l'épuisement des résistances ouvrières. (Jarrige, 2009b, p. 5)

Tout au long de la période des émeutes (1870-1850 environ) et après leur essoufflement, plus que tout autre épisode de bris de machines, le luddisme britannique (1811-1813) continue d'alimenter l'imaginaire social (Jarrige, 2009, p. 198) : le phénomène du luddisme (inspiré du nom de son leader imaginaire, Ned Ludd ou John Ludd) survient en Angleterre alors le phénomène dit des « bris de machines » s'étend à toute l'Europe en voie d'industrialisation (Jarrige, 2009). Jusqu'à aujourd'hui, autant les promoteurs que les détracteurs du savoir technique et

scientifique de l'ingénieur continuent de référer aux luddites. À l'instar des premiers partisans de la mécanisation et de l'industrialisation, qui souvent assimilaient les soulèvements et les violences contre les machines à des « réactions spontanées et archaïques » ou à « l'expression de la routine et de l'ignorance du Peuple »[20] (Jarrige, 2009, p. 11-12.), les promoteurs contemporains des OGM, de l'énergie nucléaire, des technologies de la « convergence » ou d'autres potentialités technologiques qui suscitent la controverse interprètent aujourd'hui la critique de manière négative : que celle-ci soit ou non associée aux anciens luddites, la critique renvoie pour eux à un caractère réfractaire, à l'ignorance ou à un archaïsme irrationnel source de réactions trop spontanées et injustifiées.

À l'inverse, les détracteurs de ces mêmes solutions technologiques ou grands projets d'ingénierie se réapproprient et actualisent les anciennes luttes des luddites. Qu'ils soient ou non revendiqués par le mouvement néo-luddite contemporain, les soulèvements d'aujourd'hui paraissent ressembler à ceux des premiers luddites :

> C'est la communauté qui se révolte contre l'arrivée d'une machine [aujourd'hui, d'une technologie ou d'un projet] perçue comme une menace pour l'ordre social. Les jeunes et les vieux, les hommes et les femmes se répartissent les rôles dans l'action en fonction des représentations sociales que l'on prête aux élites et aux acteurs du maintien de l'ordre. L'émeute et la violence s'inscrivent dans un continuum de stratégies et de formes d'action allant de la réunion pacifique et la pétition à l'insurrection violente. Les bris de machines sont encadrés par des rituels collectifs complexes avec ses lieux spécifiques (les barrières, les faubourgs, les cabarets), ses procédés de destruction parfois compliqués, ses symboles unificateurs (chants, drapeaux) (Jarrige, 2009b, p. 4.).

Ces acteurs ne se soulèvent pas uniquement contre les machines :

---

[20] F. Jarrige rapporte ici les propos de Paul Mantoux et de Thomas Ashton.

> Leur action « n'est pas une simple réaction technophobe révélant l'obscurantisme et l'ignorance des foules. Les évolutions de la sociologie et de l'histoire des trente dernières années ont montré que les sciences et les techniques étaient des activités sociales à part entière qui ne pouvaient être pensées simplement sur la base d'un progrès continu et nécessaire. L'évolution des techniques suit un cours sinueux, elle mobilise des groupes sociaux divers et est toujours façonnée par la confrontation entre des intérêts et des projets concurrents[21]. » (Jarrige, 2009, p. 15)

2.4.2 Le chemin de fer : « machine aveugle et inexorable » ou vecteur d'une « paix universelle »

Les premières lignes ferroviaires sont ouvertes en Angleterre en 1829 et en France en 1837. Pour les « industrialistes » du temps, le chemin de fer fonde d'immenses espoirs (Musso, 1999, p. 98-124; Musso, 2007). Alors qu'au tournant du XIXe siècle le monde « s'effondre sous le coup de la critique des Lumières et de la Révolution française » (Musso, 2006, p. 10), le compte de Saint-Simon (Claude Henri de Rouvroy, 1760-1825) travaille ardemment à concevoir le modèle d'une nouvelle société et ainsi à orienter son temps vers une sortie de crise. Il rassemble les principes de fonctionnement de cette société dans un ouvrage qu'il appelle *Le Nouveau Christianisme*. Fondamentalement industrielle, la société de Saint-Simon est fondée sur une puissante métaphore, celle du corps-réseau. Le monde de Saint-Simon en est en effet un de réseaux et de communication, au sein duquel le chemin de fer constitue l'une des infrastructures maîtresses, et l'ingénieur, l'un des acteurs clés.

---

[21] F. Jarrige, 2009, p. 15 réfère à : D. Noble, *Forces of production: A social history of industrial automation*, New York, A. Knopf, 1984; M. Akrich, M. Callon, B. Latour, "À quoi tient le succès des innovations », *Annales des Mines*, série « Gérer et comprendre », juin 1988, p. 4-17 et décembre 1988, p. 14-29; P. Flichy, *L'innovation technique. Récents développements en sciences sociales, vers une théorie de l'innovation*, Paris, La découverte, 1995; W.E. Bijker, T.P. Hughes, T.J. Pinch (eds.), *The Social Construction of Technological Systems. New Directions in the Sociology and History of Technology*, Campbridge (Mass.), The MIT Press, 1994 [1989]; D. Pestre, "Pour une histoire sociale et culturelle des sciences. Nouvelles définitions, nouveaux objets, nouvelles pratiques », AESC, no 50, mai-juin 1995, p. 1417-1453; *Id.*, *Introduction aux Sciences Studies*, Paris, La Découverte, 2006.

La pensée de Saint-Simon, reprise par ses disciples après sa mort dans *La Doctrine*, agit en tant que fondement pour le mouvement du saint-simonisme. Pendant plusieurs décennies (entre 1825 et 1870), les saint-simoniens mettront en branle la construction effective de l'idéal tel qu'ils le conçoivent. Le mouvement exercera une influence manifeste au sein de la société de l'époque (Musso, 1999, p. 122). Michel Chevalier (1806-1879), disciple de Saint-Simon, polytechnicien français et l'un des leaders du troisième temps du mouvement saint-simonien (1833-1870), deviendra un influent professeur d'économie politique au Collège de France. Selon P. Musso :

> L'histoire du mouvement saint-simonien peut-être structuré en trois temps principaux. Le premier moment, de 1825 à 1831, vise une reformulation de la doctrine [du « Nouveau Christianisme »], sa diffusion et la création de l'Église. Le deuxième, plus bref, de la fin de l'année 1831 à 1832, est une période de crise et de transition, marquée par la séparation des deux « pères », Bazard et Enfantin. Le troisième moment très long, de 1833 à 1870, est le passage à la pratique, inaugurée par une nouvelle séparation, celle de Chevalier et d'Enfantin, permettant la réalisation effective de réseaux de circulation du savoir, de l'argent et de communication, par les ingénieurs et les financiers saint-simoniens. (Musso, 1999, p. 98)

Pour Michel Chevalier, « c'est [donc] le chemin de fer qui rend possible la paix universelle » (Jarrige, 2007) :

> Le chemin de fer est le symbole le plus parfait de l'association universelle. Les chemins de fer changeront les conditions de l'existence humaine […]. L'introduction sur une grande échelle, des chemins de fer sur les continents, et des bateaux à vapeur sur les mers, sera une révolution non seulement industrielle, mais politique. (Michel Chevalier, « Le Système de la Méditerranée », article du *Globe* du 12 février 1832, cité dans Musso, 2007).

Mais en dépit de cet apparent engouement et de l'idéal auquel certains hommes associent le chemin de fer, son arrivée en Europe soulève les passions, des craintes et des critiques : pour certains littéraires, la locomotive un « monstre roulant » ou une « machine aveugle et inexorable » dont les chemins de fer sont balayés, et qui pollue

l'air sur son passage[22]. Plus généralement, ce sont les paysans et la « multitude de travailleurs du fleuve » qui reçoivent l'innovation avec le plus de méfiance et d'hostilité (Jarrige, 2007) :

> Durant les années 1830 et 1840, les sabotages des lignes et les plaintes sont légion. [On] se plaint qu'à cause des chemins de fer il « n'y aura bientôt plus de spéculation possible que pour les possesseurs de capitaux immenses. Malheur à la Nation dont le gouvernement méprise l'agriculture et les petites industries pour ne favoriser que les immenses entreprises et les inventions qui ne sont que la ruine des petites fortunes et l'agrandissement de celles déjà considérables » (Jarrige, 2007)

En France, vers 1850, les principales lignes françaises de chemin de fer font l'objet d'attaques violentes et récurrentes : « des paysans, des mariniers, des voituriers et d'autres métiers concurrencés par le nouveau mode de transport incendient les gares et détruisent les infrastructures et les wagons. » (Jarrige, 2007) Comme pour la machine-outil, l'inquiétude semble partagée entre différents groupes d'acteurs, et largement distribuée au sein des différentes classes de la société[23]. Essentiellement de même nature que la critique des machines-outils, mue par des craintes, une complexité et des discours de résistance analogues, et donnant lieu à des patrons de soulèvements comparables, la critique des chemins de fer s'étend jusque vers les

---

[22] Alfred de Vigny (1797-1863) aurait ainsi décrit la locomotive à vapeur : *« Tout est bien balayé sur vos chemins de fer ; Tout est grand, tout est beau, mais on meurt dans votre air »*. Selon F. Jarrige, 2007, « Genèse d'une utopie technologique au XIXème siècle », *EcoRev'*, No 25 (1).

[23] François Jarrige (2007) explique que « dans un rapport sur ces troubles, le procureur de Seine et Oise note avec inquiétude qu'« il règne parmi les populations des environs de Paris une grande hostilité contre les chemins de fer ; de là vient qu'on trouve parmi les individus impliqués dans ces actes coupables, bon nombre de cultivateurs ou d'artisans sans reproches jusque-là». Ces violences sont d'ailleurs légitimées à l'époque par des textes qui dénoncent les conséquences du nouveau mode de transport, à l'image de la brochure intitulée *Funeste influence des chemins de fer en France sur le bien-être du peuple*, publiée à Paris en 1850. » Dans F. Jarrige, 2007. « Genèse d'une utopie technologique au XIXème siècle », EcoRev', No 25 (1).

années 1870 (Jarrige, 2007). Je ne m'étends pas davantage sur son ampleur et sa teneur, car les répétitions seraient nombreuses par rapport aux cas de la machine-outil. Ce qu'il importe de soulever, cependant, c'est le cycle, c'est-à-dire la « mécanique » circulaire de diffusion de l'utopie technologique.

Bien que les saint-simoniens aient à plusieurs égards infléchi la pensée originale de Saint-Simon (Musso, 1999, p. 102), leur influence sur le monde fut en soi manifeste : « les saint-simoniens influencèrent directement les corps d'ingénieurs du XIXe siècle, alors que cette science des ingénieurs avait été, à la fin du XVIIIe, une des sources majeures de la pensée de Saint-Simon [l'ayant très fortement inspirée]. » (Musso, 1999, p. 122) De la même façon que la machine-outil fut la racine d'une « pédagogie des techniques » au début du XIXe siècle, dans sa seconde moitié, c'est l'utopie ferroviaire qui se diffuse à son tour via ses divers des canaux (Jarrige, 2007). Ainsi suivant Auguste Perdonnet – qui agit alors en tant que président de l'association polytechnique de Paris, fondée en 1830 et dont la mission était « d'organiser des cours pour les ouvriers dans la capitale » –, il semble normal que l'organisation qu'il préside ait pour but de « faire comprendre l'utilité des chemins de fer, fort contestés à cette époque »[24]. En gros comme en détails, « c'est le temps de l'organisation des conférences populaires où les élites technophiles donnent à voir aux masses les bienfaits du progrès. » (Jarrige, 2007)

Prosper Enfantin, autre leader majeur des saint-simoniens entre 1833-1870 (avec Michel Chevalier), propage à la même époque le concept de « système de la

---

[24] Auguste Perdonnet, *Notes sur les associations polytechnique et philotechnique et sur la bibliothèque des amis de l'instruction*, Paris, Impr. impériale, 1865, 22 p. Cité dans F. Jarrige, 2007. « Genèse d'une utopie technologique au XIXème siècle », *EcoRev'*, No 25 (1).

Méditerranée », projet ultime d'« association universelle » et de communion entre l'Orient et l'Occident. Pour Enfantin :

> La Méditerranée peut être considérée comme une série de grands golfes qui sont l'entrée d'un large pays sur la mer. Il indique qu'il faudrait choisir un port principal. Celui-ci pourrait alors devenir le pivot de diverses opérations de grande envergure, dont la principale devrait être un chemin de fer. Les différentes voies de chemin de fer devraient longer les grands cours d'eau qui constituent des zones industrielles naturelles. (Debrune, 2001, p. 200-201)

L'idée du « système de la Méditerranée » mobilise en ce sens la métaphore *organisme-réseau* « pour légitimer ex post, la pratique de l'École. […] Enfantin veut théoriser sa pratique passée en rassemblant des images et relancer un groupe de disciples. » (Musso, 1999, p. 121) À la fin de sa vie, en 1898, Enfantin considère d'ailleurs que sa tâche est achevée, l'idéal atteint :

> Nous avons enlacé le globe de nos réseaux de chemin de fer, d'or et d'argent, d'électricité! Répandez, propagez, par ces nouvelles voies dont vous êtes en partie les créateurs et les maîtres, l'esprit de Dieu, l'éducation du genre humain.[25] (Musso, 1999, p. 121)

Le culte de la technique et de la technologie semble avoir fait son œuvre, « les constructions utopiques [étant] devenues des éléments d'une croyance commune. » (Jarrige, 2007) Avec Perdonnet, Chevalier et Enfantin, d'autres hommes – nombreux et influents – ont contribué de diverses façons à propager l'utopie technologique du chemin de fer[26] (Jarrige, 2007).

---

[25] Musso (1999) renvoie ici à Gaston Pinet, *Écrivains et penseurs polytechniciens*, p. 165-166, Paris, Paul Ollendorff Éditeur, 1898.

[26] Voir notamment Frédéric Passy (1822-1912), juriste et économiste, premier prix Nobel de la paix en 1901 : NobelPrize.org, en ligne, < http://www.nobelprize.org/ >, consulté le 28 avril 2012.

2.4.3 Pédagogie des machines, utopie technologique et acculturation

Pour expliquer la dissipation de la critique à l'âge des révolutions, François Jarrige (2007) présente l'utopie technologique et la pédagogie des machines comme « un outil de propagande et d'acculturation, une étape dans le processus sociotechnique d'innovation » (Jarrige, 2007). Des « bris de machines », on passe à la « question des machines »; l'enjeu éminemment politique se technicise, pourrait-on dire, suivant sa mise en forme-problème et le « modèle du problème à résoudre » qui permet d'en sélectionner et trier sur le volet les acteurs dont les voix seront retenues comme légitimes, tout en légitimant ceux qui opèrent la sélection. À l'époque, cette légitimation et l'emprise sur le monde qu'elle confère reviennent surtout aux détenteurs du « vrai » problème, c'est-à-dire à ceux qui sont aptes à le fonder en science (et ici, en l'occurrence, en économie) :

> Au cours de la première moitié du XIXe siècle, le phénomène des bris de machines a donc été progressivement résorbé par la « question des machines ». L'invention de l'imaginaire économique du progrès a recouvert la signification de ce type de révoltes et rendu indicibles les revendications qu'elles portaient. Désormais, le débat se focalise sur la pertinence des règles de fonctionnement de la société et de l'économie plutôt que sur l'utilité des machines. Le progrès technique est de moins en moins contesté, il est même de plus en plus recherché comme outil d'affranchissement libérant l'homme et promettant l'abondance. (Jarrige, 2009, p. 305)

Selon Jarrige (2007), « plus une technique suscite des résistances et des oppositions au sein de la société, plus elle doit être portée par des univers oniriques qui permettront de l'acclimater socialement. » (Jarrige, 2007)

Aujourd'hui, la « pédagogie des machines » et l'« utopie technologique » paraissent en quelque sorte avoir trouvé un homologue incomplet dans le « modèle du déficit de connaissance ». En vertu de ce modèle, l'antipathie et l'opposition d'un certain « public » vis-à-vis d'une solution technique sont attribuées en majeure partie à un

« déficit de connaissance » qu'il suffirait de « combler » pour résoudre l'impasse. Ainsi, les mécanismes de participation publique, bien qu'ils soient « considérés comme étant de plus en plus légitimes, voire même nécessaires » (Healy, 2008, p. 1653), serviraient dans la majorité des cas à « produire » l'acceptabilité sociale. Selon Healy (2008) :

> Après que de tels « déficits » eurent été adressés, les profanes tendent à être perçus avant tout comme une source d'informations contextuelles (« préférences » ou « valeurs »), dont la fonction principale est d'assurer un « contexte » (ou cadre) viable pour les « faits », prédéterminés par les parties prenantes obligatoirement techniquement qualifiées. […] La participation profane en vient ainsi à être systématiquement diminuée de plusieurs façons », et principalement « par l'hégémonie des conceptions traditionnelles [scientifique] de la connaissance et de la rationalité. (Healy, 2008, p. 1653)

Dès lors, pour compléter le modèle, la question qui se pose *implicitement* est celle de savoir quel sera l'univers onirique susceptible de faire face à tel ou tel « déficit ». La question se pose implicitement, ou alors à huis clos : car cet espace inusité de la technique qui naît alors n'est-il pas justement ce qui correspond aujourd'hui à la potentialité indicible, inadmissible, en soi controversée... et pourtant sans cesse plus sophistiquée de « produire » ou de « fabriquer » l'acceptabilité? Elle ne se fabrique pas – c'est bien connu –, mais sa fabrication constitue tout de même de longue date un corps de métier dont les noms euphémisent l'acte technique interdit : publicité, marketing, communication publique, intelligence d'affaires, technique de valorisation des données massives... Tous ces domaines et d'autres encore peuvent s'y prêter, sans que cela ne soit nécessairement au cœur des affaires.

En réaction, les « oppositions » s'organisent : c'est-à-dire qu'elles se donnent leurs propres axes de potentialité qu'elles définissent et sophistiquent à leur tour, lesquels exigent que s'opère une déconstruction : « Nous ne sommes pas des opposant(e)s –

avancera-t-on par exemple crucialement –, nous sommes les promoteurs d'autres choses » (Batellier et Maillé, 2017, p. 31).

> Et si les opposant.e.s étaient plutôt les promoteurs d'autres choses pour leur milieu de vie : d'un autre mode de vie, d'un autre mode de développement ou, carrément, d'autres projets économiques pour leur village ou leur région? À l'inverse, pourquoi ne considère-t-on jamais les promoteurs comme des opposants à la protection d'un milieu, à d'autres projets de développement, à une certaine qualité de vie ou au doux équilibre des choses comme elles sont? Bref, on aime dépeindre les citoyen.ne.s mobilisé.e.s comme des empêcheurs de développer un potentiel qui n'attendrait qu'à l'être et les promoteurs comme des visionnaires qui ont bien compris, eux, ce qu'il faudrait en faire. Selon cette vision, les promoteurs ont le beau rôle de construire le monde et d'apporter le progrès, et les opposant.e.s, le rôle négatif de les en empêcher. Cette distribution des rôles a d'importantes conséquences sur la façon dont ces gens sont perçus et sur la mobilisation entourant les projets. Les empêcheurs de développer et les visionnaires ne sont pas toujours dans le camp que l'on croit. (Batellier et Maillé, 2017, p. 32)

De par ce processus circulaire de construction-déconstruction du social et l'histoire de plus en plus contre-factuelle que l'on projette sur lui, ce sont les axes de la potentialité de la « forme-problème » qui se multiplient, et la fatalité qui s'enfouit. Des deux côtés, la potentialité se découvre donc par oscillation binaire entre, d'une part, une représentation du désordre-problème dénoncé et, d'autre part, l'ordre dont il est gros, qu'il recèle et qu'il s'agira pour les acteurs sociaux sélectionnés (dés)informés, concernés, (dé)concertés, mis en capacité... de faire advenir.

Ainsi, tel que l'illustre la Figure 2.1, depuis le « vrai » problème fondé en science – à caractère nettement dominant sinon unique, selon les circonstances – que l'on avait encore jusqu'à tard dans la première décennie du XXe siècle en situation de controverse sociotechnique (cf. section 2.4), l'on se trouverait surtout aujourd'hui devant *une* forme-problème – sous-forme éphémère de *la* « forme-problème » dont il a été question jusqu'à présent – qui rassemble elle-même les cadrages multiples d'un

problème de fond (P_{fond}), lequel constitue son invariant. Ce problème de fond peut donc être conçu comme un « consensus » circonstanciel qui rassemble à la base tous les acteurs d'une controverse; il les rassemble, aussi maigre et tacite puisse-t-il être. En ce sens, dans le cas de la controverse autour de la réfection de l'échangeur Turcot à Montréal (2009-2010), c'est le fait admis par tou(te)s de la fin de vie utile de l'infrastructure autoroutière urbaine qui a constitué ce consensus de base : c'est partant de ce problème de fond que des cadrages plus ou moins concurrents se sont multipliés, en incarnant ce faisant la multiplicité des postures épistémologiques et des idéaux politiques en présence. Au chapitre 4, tel que nous le verrons, ce consensus de base correspondra à l'objet fictif dit du « cycle de vie », à la racine conceptuelle de l'outil ACV (pour Analyse du Cycle de Vie ») : c'est partant de cet objet dont tou(te)s admettent la pertinente cruciale eut égard aux enjeux environnementaux du temps présent, que se multiplieront les cadrages du problème de fond; c'est-à-dire ici les manières de modéliser le « cycle de vie » d'un système-produit en particulier, et de fonder ce modèle à la fois en *Science* et en *Sens*.

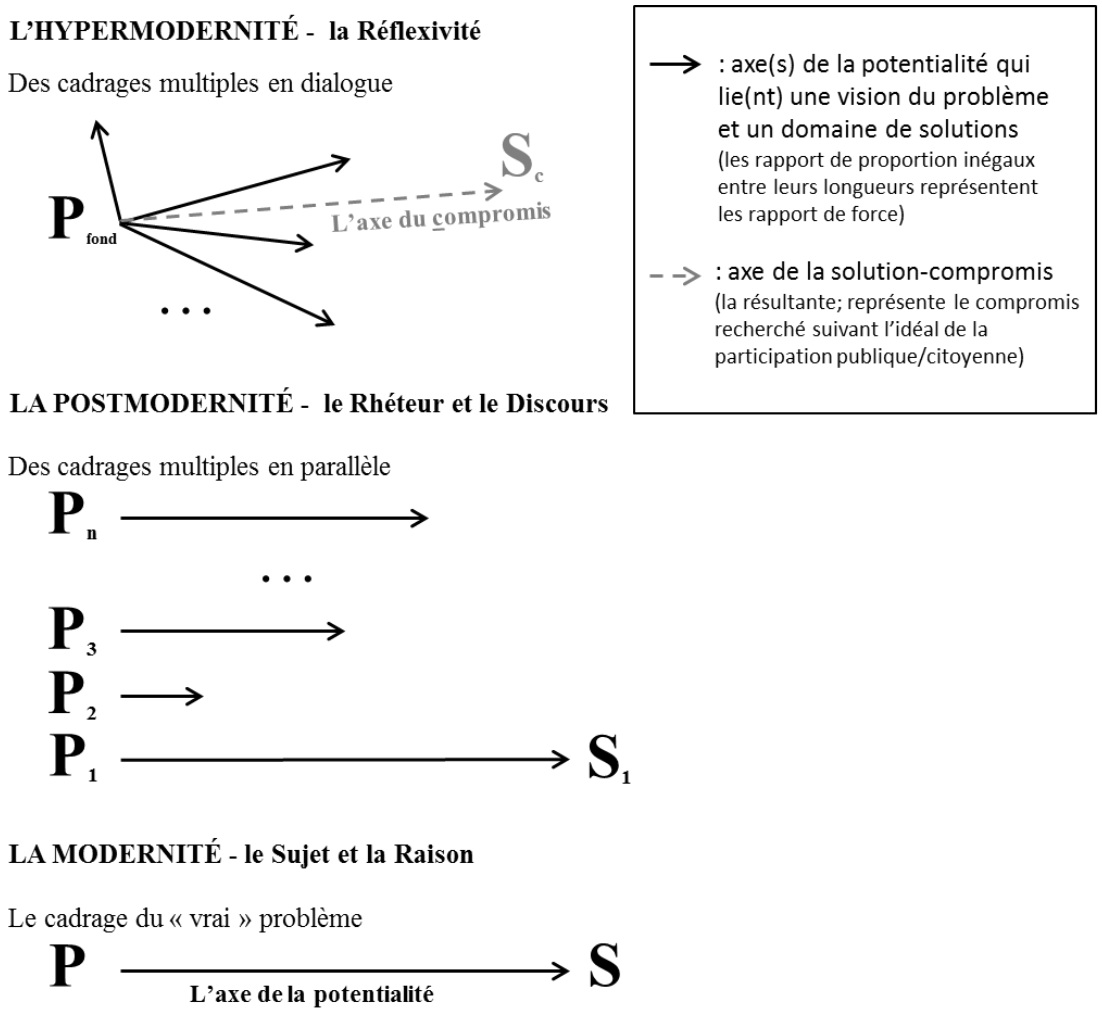

Figure 2.1 : La potentialité en fonction des formes de la modernité

Au chapitre 5, dans le contexte de la campagne qui a mené en 2015 à l'ajout d'un Objectif de Développement Durable (ODD) urbain à la liste existante des Nations Unies, ce consensus de base est labélisé « pro-urbain » par les acteurs eux-mêmes, au sens où en dépit de toutes leurs divergences idéologiques et autres, ils ont su converger autour de l'importance qu'ils accordent tous à la ville en tant qu'échelle d'intervention privilégiée pour faire face aux grands enjeux du temps présent. Ainsi,

tel que l'illustre ce premier aperçu schématique de la « forme-problème » suivant l'axe de la potentialité, *une* forme-problème n'est pas *la* « forme-problème » à son niveau le plus abstrait, auquel correspondent une configuration paradoxale à résonance métaphysique (cf. chapitre 3); *une* forme-problème correspond à un type de *la* « forme-problème », laquelle est indissociable d'une « forme-modernité » dont Richard Déry (2009) fournit les éléments constitutifs, ainsi que les relations qui les unissent entre eux et à la conscience collective du temps : ainsi, la conscience collective de la modernité relève surtout du Sujet et de la Raison; celle de la postmodernité du Rhéteur et du Discours; et celle de l'hypermodernité de la réflexivité. Nous reviendrons sur ces concepts à l'issue du chapitre 3. Pour l'instant, notons seulement qu'à chacun de ces trois types (ou formes) de sociétés modernes correspond *une* forme-problème dominante. L'histoire revisitée de la révolution industrielle nous amène donc déjà à faire le lien entre la potentialité telle qu'elle s'incarne dans le monde moderne versus dans le monde hypermoderne. Les sections qui suivent permettront de faire ce lien plus progressivement, et d'ainsi faire émerger en séquence la Figure 2.1.

Tel que prend par ailleurs bien soin de le préciser Déry, le statut théorique de la « forme-modernité » qu'il construit relève de l'idéal type :

> Jamais l'idéal-type n'est une description. Au mieux, l'idéal type n'est qu'une approximation plus ou moins caricaturale, qu'une unité de mesure, qu'un cadre d'interprétation, qu'un moyen d'intelligibilité, qu'un point de repère. Aucun monde social concret ne correspond jamais véritablement à l'idéal type qui le représente, de la même manière que jamais une carte ne se confond au territoire qu'elle représente. Mais si la carte n'est jamais le territoire, il reste qu'elle doit faire la preuve de sa pertinence, de son efficacité. Pour y arriver, il faut que la carte, tout comme l'idéal type, puisse représenter l'essentiel qu'il y a à représenter, qu'elle intègre en un tout cohérent ce qui est significatif et qu'elle puisse véritablement servir de guide. S'en tenir à l'essentiel, telle est la règle d'or, au risque, bien sûr, de la caricature. (Déry, 2009, p. 13)

Cela vaut tout autant pour la « forme-problème » que je tente de dégager ici. Notons par ailleurs également que « l'émergence d'un Nouveau Monde social [et de sa forme-problème sous-jacente] signifie bien davantage le réarrangement d'un monde social qui cède sa place en tant que configuration dominante que sa véritable fin. » (Déry, 2009, p. 6)

À l'issue de ce retour sur l'histoire de la révolution industrielle, retenons donc en tant qu'essentiels les éléments que rassemble le Tableau 2.1, en relation avec ceux dégagés précédemment, alors que nous revisitions l'espace temporel de la naissance de l'ingénieur moderne.

Tableau 2.1 : L'axe de la potentialité et sa trace dans le monde moderne : l'entreprise industrielle

La forme-modernité	**L'histoire revisitée**	**L'axe de la potentialité : ses traceurs**			**La forme-problème (cf. Figure 2.1)**
		L'idée d'entreprise	**Ce qui est entrepris**	**Le rapport de l'ing. à l'entreprise**	
Le monde traditionnel	La naissance de l'ing. Moderne entre le XVIe et le XVIIIe siècle (France, Italie)	Militaire; civile	La tension raison vs fougue, l'ici-bas : en vue de réaliser des fins prédonnées (loi royale, loi divine) La tension occasion économique vs moyen politique, la production : intégrer les contraires dans le projet technique	Ontologique : de fondation symbolique	*Le modèle du problème à résoudre*
Le monde moderne	La révolution industrielle aux XVIIe et XVIIIe siècles (Angleterre)	Industrielle	La tension technoscience vs technocritique, la production : décupler son potentiel en vue d'accroître les profits	Utopique : de légitimation	*Le « vrai » problème suivant la science économique*

2.5 L'ingénieur au fondement du *« management technique »*[27]

Nous l'avons vu en introduction, l'ingénieur de la « révolution managériale » devient manager, et il contribue centralement à l'invention d'une nouvelle forme d'entreprise : soit la firme verticalement intégrée, ou l'entreprise managériale. Bien que le propos de Chandler (1977) ne l'ait pas fait ressortir, cette ascension des ingénieurs-managers aurait en premier lieu été impulsée par une quête d'influence et de statut (Shenhav, 1999) ou, tel que l'exprime (un peu différemment) E. T. Layton (1971) dans son histoire de la professionnalisation des ingénieurs aux États-Unis, par le sentiment d'un besoin de « réagir défensivement » face au fait que « le cœur de la pratique du génie s'était transféré à des firmes industrielles géantes après 1880. » (Layton, 1971, p. 54) Layton (1971) et Shenhav (1999) se rejoignent par ailleurs pour avancer que l'idéologie montante dite « de l'ingénierie », avec Layton, ou « des systèmes », avec Shenhav, a permis (pour un temps) aux ingénieurs de l'époque d'acquérir une voix influente et légitime au sein de l'entreprise, et au-delà (dans la société); une voix dont la légitimité et la force ont été fondées sur des apparences de scientificité et de technicité.

Face aux crises et conflits du travail qui caractérisaient l'époque, c'est par le biais d'un discours optimiste et socialement révolutionnaire que le personnage de l'ingénieur qui s'incarne alors ouvre la voie aux institutions et à la figure du professionnel qu'il deviendra bientôt, ainsi qu'à une première forme du « management technique » (Déry, 2010). En tant que premier théoricien du

---

[27] L'expression est tirée de R. Déry (2009, 2010).

management, son discours initie le mouvement par lequel la gestion s'émancipe d'une tradition de savoir jusque-là « largement tacite, intuitif et singulier […] en traduisant les pratiques de management en connaissances formelles utilisables dans tous les contextes d'action » (Déry, 2010, p. 13). En un certain sens, la tradition est retournée une seconde fois.

Pour Layton (1971) :

> Les ingénieurs ont créé leur propre idéologie en greffant leurs valeurs professionnelles à la métaphysique spencérienne. En affirmant que toute la technologie découlait du travail de l'ingénieur, ils ont défini leur rôle social. En soutenant que la technologie était une science appliquée, ils se sont réclamés d'un corpus sophistiqué de connaissances. Depuis ces postulats fondamentaux d'une connaissance ésotérique et du service social, toutes les valeurs du professionnalisme ont pu être dérivées. Mais bien que les ingénieurs aient conçu leur rôle comme relevant d'un univers essentiellement spencérien, ils n'ont montré que peu d'intérêt envers les plus minimes implications philosophiques de leurs suppositions. Plutôt, ils les ont idéologiquement utilisés pour défendre leur groupe et ses intérêts. (Layton, 1971, p. 56)

Dans le cadre de la présente synthèse, deux éléments du précédent extrait – qui sont aussi renforcés par Shenhav (1999) – prennent une plus grande importance. D'une part, ces ingénieurs ont construit leur figure en tant que fondamentalement apolitique – puisque découlant de principes scientifiques objectifs qui permettaient de découvrir des lois vraies, autant celles la matière que celles des comportements humains en entreprise, et donc que l'on présumait au-dessus de toute partisanerie ou lutte de pouvoir. D'autre part, ces ingénieurs ont construit leur figure en tant qu'exclusivement habilité à soutenir le progrès technologique : c'est-à-dire qu'ils ont soutenu qu'ils étaient les seuls à pouvoir inventer la technologie « bonne », pour la mettre au service de l'humanité. Ainsi, encore une fois dans les mots de Layton :

> Cette philosophie [des ingénieurs] a impliqué un changement d'accent depuis la technologie vers les technologistes. Là où Spencer commençait avec les lois de la nature, les ingénieurs mettaient plutôt l'accent sur les hommes qui manipulaient ces lois à des fins sociales. Ainsi, le principe précédent du rôle créatif de la technologie dans l'évolution sociale menait plutôt à l'idée que l'ingénieur tenait le futur entre ses mains. Là où Spencer réduisait la politique au dogme du laissez-faire, les ingénieurs regardaient en avant vers une ingénierie de la société indéterminée et flexible, fondée sur leur propre capacité à appliquer la connaissance scientifique pour la poursuite de fins utilitaires. Le futur de la société serait ce que la profession d'ingénierie souhaitait qu'elle soit. (Layton, 1971, p. 57)

Pour Layton (1971), c'est donc par la large diffusion d'une telle « idéologie de l'ingénierie » – apte à établir le caractère apolitique de la figure de l'ingénieur en même temps que le fait de rapport exclusif à la technologie – que les ingénieurs ont vu leur rôle socialement légitimé, et qu'ils « ont pu atteindre une plus grande liberté par rapport au contrôle bureaucratique. » (Layton, 1971, p. 57)

En abondant également en ce sens, Shenhav (1999) s'appuie par ailleurs sur une analyse fine des discours des ingénieurs de l'époque de la « révolution managériale » pour expliquer comment – au-delà de la stricte techno-scientificité invoquée – se serait diffusée aussi largement l'idée du caractère apolitique de leur rôle et de leurs interventions.

2.5.1 Le management, ou la diffusion de la mise en « forme-problème » au XXe siècle

Avec Shenhav (1999), la figure de l'ingénieur de la « révolution managériale » se serait construite en tant que médiatrice des intenses bouleversements et conflits qui opposaient les propriétaires d'entreprises et les travailleurs (Shenhav, 1999) au tournant du XXe siècle. En ce sens, c'est en se concevant comme médiateur des conflits que Taylor aurait exprimé en 1903 que le système du management scientifique « promeut un sentiment d'amitié entre les hommes et leurs employeurs et

rend la syndicalisation du travail et les grèves non nécessaires »[28] (Taylor, 1903, cité dans Shenhav, 1999, p. 179); ou encore que l'on publiait, en 1916, dans un journal professionnel estimé représentatif de l'esprit des ingénieurs-managers du temps (Shenhav, 1999) que là où « le vrai esprit du management scientifique en est venu à pénétrer l'organisation, les troubles du travail sont presque aussi rares que les collisions planétaires. » (Engineering Magazine, 1916, cité dans Shenhav, 1999, p. 180)

À la base, explique Shenhav (1999), l'influence et la légitimité des ingénieurs en tant que médiateurs auraient découlé de la capacité de leur discours à renouveler la représentation des conflits (Shenhav, 1999). Le « mécanisme » qui s'opère ici s'apparente à celui (pédagogique) que nous décelions plus tôt avec Jarrige (2009), par lequel un glissement sémantique faisait passer les « bris de machine » dans l'univers technicisé de la « question des machines ». Mais la part de l'apolitisme est ici bien plus marquée, comme celle-ci se substituait à l'utopie. Par le biais du « discours ingénieur » de l'époque, le phénomène dit du « labor unrest » – dont les causes étaient conçues comme étant très locales, contextuelles et liées à des circonstances particulières difficilement appréhendables au moyen d'une solution universelle – se serait vu remplacé par le « labor problem » (ou « problème du travail ») – dont les

---

[28] Un tel optimisme peut paraître surprenant, ou difficilement conciliable avec le fait que le Taylorisme est aujourd'hui souvent présenté comme à la source des problèmes et conflits du travail. Soulignons donc que ces lignes sont publiées dans l'*Engineering Magazine*, en 1916, plus dix ans avant le début de l'étude d'Hawthorne (en 1927), qui aboutit – contre toute attente, à l'époque – à la disqualification et à la réforme des principes du management scientifique, en ouvrant la voie à l'École des relations humaines (Schwartzman, 1993), dont les initiatives et idées auraient par ailleurs été soutenues par nombre d'ingénieurs réformistes du management scientifique (Noble, 1979). C'est d'ailleurs en ce sens que Noble (1979) considère *« que l'expérience d'Hawthorne fut bien plus qu'un simple chapitre dans l'histoire du management; elle a constitué la plus récente étape dans l'évolution de l'ingénierie. »* (Noble, 1979 : 320) Le propos des ingénieurs que nous citons ici traduit donc l'esprit d'un temps qui a précédé Hawthorne, mais qui, tel que le montre Shenhav (1999, 2003), a influencé durablement le courant, ou le type du « management technique » (Déry, 2009, 2010).

traits auraient été construits comme étant fixes et indépendants de tout contexte particulier (Shenhav, 1999). Ainsi, le nouveau « problème du travail » en serait venu à être largement perçu comme un passage obligé vers la modernité, ou un « mal nécessaire » du processus d'industrialisation, d'emblée assimilable à un problème de gestion, et soluble par la voie des principes et techniques (notamment) du « management scientifique » (Shenhav, 1999).

Un nouvel espace inédit de la technique se serait donc ouvert ici encore, au tournant du XXe siècle, par la voie d'un nouveau type de mise en « forme-problème ». Alors qu'au XVIe siècle, tel que nous avons vu avec Vérin (1993), une *discorde* (ou cette *universelle contrariété* issue de la guerre) était traduite en un *désordre*, puis en un *ordre potentiel* auquel les engins et autres technologies permettaient d'aspirer, au tournant du XXe siècle, nous voyons avec Shenhav (1999) que les caractéristiques de la machine industrielle sont traduites en principes d'organisation sociale, de telle sorte que le *désordre* en présence (soit, les conflits du travail) puisse à nouveau être représenté dans les termes d'un *ordre potentiel* (soit, celui de la modernité industrielle), auquel l'instrumentation et l'ingénierie du social – suivant les principes de standardisation et de systématisation, ou de prise en compte des relations humaines pour l'accroissement de l'efficacité – permettraient d'aspirer. Dans les deux cas, la légitimité et l'importance de l'œuvre dépendaient de l'existence d'un « intérêt commun », au service duquel pouvait être mise la technologie.

En outre, par le biais de la nouvelle problématisation du travail, le personnage de l'ingénieur se percevait et construisait sa figure comme une « tierce partie » indépendante, « seule à pouvoir parler le langage des deux groupes » (Shenhav, 1999, p. 173), et seule apte « à créer par procuration une zone de rationalité non partisane » (Shenhav, 1999, p. 170) pour l'analyse des circonstances et la défense de l'intérêt public. Par le biais de ce nouveau rôle de médiateur (apolitique) des conflits, l'ingénieur étendait les frontières de son action (politique) en intégrant les

préoccupations des deux parties au conflit. En somme, tout semble s'être passé comme si l'influence des ingénieurs avait cru à mesure que les frontières des pratiques de « systématisation » – c'est-à-dire, cet « espace inédit » de la technique – s'étaient étendues à la médiation des conflits industriels.

Ainsi, pour Shenhav (1999), Jarrige (2009) et Vérin (1993), c'est sous l'impulsion des contrariétés du temps – et non en dépit d'elles – que le discours ingénieur parvient diversement (en fonction des spécificités du temps) à culminer en tant que vecteur d'ordre et d'harmonie, de rationalité et d'efficacité. À l'heure de la « révolution managériale », plus spécifiquement, les bouleversements et controverses se présentent apparemment comme une occasion d'influence, par laquelle se serait construite l'image d'une neutralité politique, et d'un détachement entre l'ingénieur et l'entreprise corporative. Sous-tendant cette image : la construction sociale d'une figure de l'ingénieur en tant que tiers observateur, apolitique, dont le regard et le discours (fondés en sciences) étaient objectifs (non partisans).

2.5.2 Le management : espace inédit de la technique et lieu de résurgence de la tension constitutive

Ainsi compris, l'épisode de la « révolution managériale » paraît par ailleurs avoir été le temps d'une résurgence de la tension constitutive de l'ingénieur, tout d'abord mis en évidence à partir du propos de Vérin (1993) : entre le XVIe et le XVIIIe siècle, la tension s'était concentrée dans les intérêts contraires au sein des projets – soit principalement l'occasion économique contre le moyen politique. Cette dernière forme de la tension perdure encore aujourd'hui – lorsque l'ingénieur est consultant indépendant –, mais elle s'est apparemment vu augmentée d'une nouvelle émergence au tournant du XXe siècle, en même temps que se créait une « place » inédite de la technique : à savoir, celle des fonctions de management de la firme.

Car, cependant qu'ils « invent[aient] l'organisation en tant que concept épistémologique réifié » (Shenhav, 2003, p. 186), et que leur « idéologie des systèmes » s'institutionnalisait « en tant que discours canonique légitime sur l'organisation » (Shenhav, 1995, p. 559), les ingénieurs-managers devenaient employés. Cette nouvelle affiliation et cette nouvelle série de fonctions les confrontaient à une nouvelle forme de tension de l'ingénieur, exigeant qu'ils fassent preuve simultanément d'une loyauté envers le public et envers leur employeur. Tel que l'exprime Layton, « l'origine des ingénieurs [aux États-Unis] porte en elle une tension intrinsèque qui oppose la loyauté bureaucratique qu'exigent leurs employeurs et l'indépendance implicite au principe du professionnalisme [duquel ils se réclament]. » (Layton, 1971, p. 4) Une telle proximité de l'ingénieur à l'entreprise constituait donc une nouveauté potentiellement problématique. Nous l'avons vu, c'est en construisant leur figure en tant que médiatrice légitime des conflits, puisqu'ontologiquement liée à la technologie et scientifiquement apte à servir l'« intérêt commun », que les ingénieurs du temps ont généralement résolu la tension. Ensemble sous le parapluie unique du progrès, ces deux traits de leur figure parvenaient à aligner les intérêts conflictuels du nouvel employeur avec ceux de la plus large société. Entre 1900 et 1920, alors que les épisodes de grèves battent et culminent en violence (Shenhav, 1999) et que « la contestation industrielle est reconnue en tant que menace pour la démocratie américaine » (Shenhav, 1999, p. 162), le management scientifique obtient une adhésion de plus en plus large en tant que solution valable face à la crise. L'ingénieur se trouve par le fait même légitimé dans sa nouvelle fonction d'employé de la firme corporative et de médiateur des conflits du travail, et sa tension s'en trouve temporairement résolu. Comme au XVIIe et XVIIIe siècle, c'est en instituant sa propre vision du « problème à résoudre » que l'ingénieur parvient à opérer la convergence des contraires.

Dans les années 1920, avec la multiplication des écoles de gestion, le précédent portrait change par ailleurs rapidement. La figure unifiée de l'ingénieur-manager se scinde, la mort de Taylor en 1915 ayant apparemment désinhibé le mouvement en faveur de la formation au management (Noble, 1979). Pour F. W. Taylor, en effet, *« l'éducation au management est une hérésie et un non-sens »* (Noble, 1979, p. 276) : *« managers are born, not made »* (Noble, 1979 : 276). À l'époque, le point de vue prévaut apparemment à un point tel qu'*« en conséquence de l'antipathie de Taylor* [envers l'idée des écoles de gestion]*, l'éducation au management n'a pleinement émergé qu'après sa mort en 1915 »* (Noble, 1979, p. 276) Des programmes et écoles apparaissent plus tôt, dès 1904, aux États-Unis et au Canada – l'école des Hautes études commerciale (HÉC) de Montréal est d'ailleurs fondée en 1907 –, sans toutefois que l'essor du mouvement d'autonomisation du management par le biais de l'institutionnalisation de son enseignement formel ne soit pleinement pris (Noble, 1979). C'est donc après 1915 que le management et l'ingénierie amorcent leurs cheminements distincts.

Du côté de l'ingénierie, selon Layton, « déjà en 1929, la profession était dominée par l'entreprise, elle manquait de leaders pour porter le sentiment progressiste qui y avait émergé, et était profondément divisée » (Layton, 1971, p. 225) :

> Les ingénieurs étaient en train de perdre intérêt pour le réforme sociale. À mesure que progressaient les années 1930, les ingénieurs ont tourné le dos à la responsabilité sociale en tant que moyen d'avancement du professionnalisme. Alors que le public demandait un leadership, les ingénieurs étaient incapables d'idées nouvelles, incapables d'action, et obsédés par leurs intérêts propres et égoïstes. (Layton, 1971, p. 225)

Pour Noble (1979), similairement, l'épisode d'« Hawthorne [entre 1927 et 1932, par lequel naissait l'École des relations humaines d'Elton Mayo] fut bien plus qu'un simple chapitre dans l'histoire du management; ce fut la plus récente [et dernière] étape dans l'évolution de l'ingénierie » (Noble, 1979, p. 320) :

> Nés dans le monde de la production, les ingénieurs corporatifs d'une industrie fondée en science avaient pris pour tâche la production [sociale] d'un monde. […] Cependant que, dans la foulée de l'ingénierie moderne, l'industrie corporative s'est entourée d'une aura scientifique et que le capitalisme s'est recouvert de l'apparence authentique de la raison, les ingénieurs n'ont pas davantage remplacé les capitalistes que la science n'a remplacé le capitalisme. Soit en tant que managers ou qu'experts techniques, les ingénieurs ont simplement continué à servir le capital, volontairement ou non, leurs habitudes de penser les problèmes et de formuler les solutions ne constituant qu'une raison capitaliste hautement raffinée. Ainsi, dans leur travail ils ont continué à œuvrer, mécaniquement sinon consciemment, à résoudre en pratique les tensions entre les potentialités de la technologie moderne et les dictats de l'ordre corporatif. (Noble, 1979, p. 320)

C'est dire, en somme, qu'en résolvant pour eux-mêmes la tension à laquelle ils avaient été confrontés, les ingénieurs de la « révolution managériale » l'avaient également résolue pour l'institution managériale qui naissait en quelque sorte de leur déclin. En légitimant leur propre rôle, ils avaient légitimé le rôle des managers techniques pour des décennies à venir; des managers qui, eux aussi, seraient issus d'une formation universitaire fondée en sciences, et dont le mandat de transformation du monde serait légitime.

À partir des années 1920, le personnage de l'ingénieur semble donc perdre ses ambitions de dictature éclairée alors que sa figure perd son héroïsme, mais il n'en perd pas pour autant son importance pour l'entreprise corporative, ni non plus son caractère apolitique et son ontologie technologique. Entre 1880 et 1920, le nombre des ingénieurs aux États-Unis serait passé de 7000 à 136 000 (Layton, 1971, p. 3). Après 1920, il continue d'augmenter à un rythme tout aussi rapide, pour dépasser les 800 000 en 1960 (Layton, 1971, p. 3). Tel que l'exprime toutefois F. Hapgood (1993) dans son récit de l'histoire du MIT, l'ingénieur type des années 1930 à 1950 n'avait en général rien du manager visionnaire et légendaire qui l'avait précédé (et que ses

ancêtres avaient incarné), à un point tel qu'il parvient presque à faire oublier l'histoire :

> Au cours de la première moitié du XXe siècle, il n'était pas attendu des diplômés du MIT qu'ils soient des inventeurs ou des innovateurs (bien que certains le furent évidemment), mais bien qu'ils soient des bricoleurs [traduit de tweakers], des incrémentalistes qui contribueraient à accroître la productivité du capital industriel par un ou deux points de pourcentage annuellement. Il pouvait leur être demandé de reconcevoir [redesign] l'interrupteur d'une ligne de relai téléphonique de telle sorte qu'elle puisse faire passer 160 appels plutôt que 80 (puis 320, puis 640, etc.), d'augmenter le spectre de puissance des ampoules électriques de telle sorte que six modèles d'ampoule puissent être offerts [en magasin], plutôt que quatre […]. (Hapgood, 1993, p. 64)

Ainsi, sans aucune aspiration à l'héroïsme technologique, l'ingénieur de la première moitié du XXe siècle aurait d'abord et avant tout été celui par lequel ont été levées les unes après les autres les barrières techniques qui posaient obstacles à l'accroissement de la production de firmes industrielles, dont le contrôle appartenait avant tout à des managers « fabriqués » au cours d'une formation universitaire bien orchestrée. Les fonctions d'ingénieur desquelles se souvient F. Hapgood (1993) sont importantes, mais également ordinaires et neutres, presque invisibles, et elles n'appellent plus désormais l'éloge ni la critique.

En revanche, du côté du management, l'histoire commence à peine. Désormais pleinement autonome vis-à-vis des ingénieurs, le management se dirige vers une période d'expansion qui s'étendra de la fin de la Seconde Guerre mondiale jusqu'au début des années 1970 (Déry, 2010; Mizruchi et Hirshmann, 2010). Selon la perspective de R. Déry (2010), cette période de forte croissance pour l'entreprise industrielle s'amorce en même temps que se met plus fermement en place un processus d'expansion théorique du management et de légitimation de ses processus formels par endogénéisation de la critique sociale, processus qui s'apparente par ailleurs à celui par lequel les ingénieurs avaient jusqu'alors résolu leurs propres

tensions. Ainsi, aux quatre « périodes de développement théorique » du management identifiées par R. Déry (2010) – dont la première (la « fondation »), inclut la dernière moitié de la « révolution managériale », et la plus récente (la « refondation ») correspond au temps présent, de 1990 à nos jours – se confrontent, se transforment et se construisent des théories de management qui répondent aux défis particuliers qu'impose le contexte socio-économique de leur temps. Une dualité (ou tension) constitutive du management moderne apparaît ainsi, que R. Déry (2010) organise selon deux courants : soit, celui du « management technique » – cet éthos archétypique hérité directement des ingénieurs industriels, « qui met l'accent sur le recours à des processus formels d'administration » (Déry, 2010, p. 14) – et celui du « management social », « qui se fonde sur l'importance d'une compréhension et d'une prise en compte des dimensions sociales et humaines pour gouverner les organisations. » (Déry, 2010, p. 14) Mais alors que le « management technique » peut être conçu comme une « forme de management » à part entière, le « management social » constitue davantage « un regard critique sur le management technique et une compréhension sociale et humaine des mondes organisés. » (Déry, 2009, p. 81) Suivant cette perspective, c'est en intégrant et en assimilant une part des contenus du « management social » que le « management technique » a légitimé ses théories, processus et pratiques au cours de son développement, de même que la figure du manager s'est transformée (tout en transformant le monde qui l'entoure) pour se construire en tant que socialement acceptable aux quatre moments de théorisation du management identifiés.

À la lumière de la « perpétuelle tension entre l'administration des choses et le gouvernement des humains » (Déry, 2010, p. 14), une question ressort en lien direct avec notre objet : à savoir, celle de la contribution de l'ingénieur au processus de légitimation du « management technique », après que leurs chemins se soient séparés. En particulier, afin de se légitimer et de négocier les défis propres à la croissance de l'entreprise industrielle entre 1945 et 1975, il semble que le « management » et les

ingénieurs aient dû ensemble faire face à l'émergence et à la propagation d'intenses critiques environnementale et anti-technologiste (Wisnioski, 2012). Alors que ces critiques sommaient les ingénieurs de se doter d'une conscience, elles n'épargnaient en rien les managers ou l'entreprise (Florman, 1994; Wisnioski, 2012). Mais s'il paraît évident que ces critiques ont profondément affecté le parcours des ingénieurs entre 1950 et 1970, la littérature en management suggère plutôt que l'épreuve est passée inaperçue pour les managers, ou que l'entreprise ne s'en est pas trouvée affaiblie.

Pour Mizrutchi et Hirschman (2010), par exemple, bien qu'il faille se garder « de romancer la période [de la guerre du Vietnam et des intenses bouleversements que connurent les États-Unis à l'interne] » (Mizruchi et Hirschman, 2010, p. 1095), les trente glorieuses ont constitué un « âge d'or » du management au cours duquel une élite corporative presque altruiste aurait largement satisfait les attentes de la population et des actionnaires, « en détournant [ce faisant] la pire crainte de Berle et Means » (Mizruchi et Hirschman, 2010, p. 1096). En 1932, à l'issue de la « révolution managériale », Berle et Means avaient en effet constaté que la propriété des nouveaux géants industriels – à laquelle ne correspondait souvent plus qu'un amalgame nombreux et diffus de petits actionnaires[29] – s'était séparée de son contrôle (le nouveau management), et que les managers en étaient venus à constituer un pouvoir potentiellement dangereux pour la société :

---

[29] En 1932, Berle et Means (1932) constatent en effet que « la tendance des actions à se disperser à travers la communauté est plus fondamentale que toute autre forme particulière de dispersion [de la propriété de l'unité industrielle] » (Berle et Means, 1932 : 59). Ils expliquent ainsi le phénomène : « En parallèle de la croissance de la taille de l'unité industrielle s'est opérée une dispersion de sa propriété de telle sorte qu'une importante partie de la richesse des individus consiste en des intérêts dans de grandes entreprises desquelles aucun individu ne possède un part majeure » (Berle et Means, 1932 : 64)

> Le pouvoir économique qui repose entre les mains des quelques individus qui contrôlent une corporation géante est d'une telle ampleur qu'il peut causer des torts ou des bienfaits à une multitude d'individus, affecter des districts entiers, rediriger le cours du commerce, amener la ruine à une communauté et la prospérité à une autre. (Berle et Means, 1932, p. 46)

Considérant le nombre et la dispersion des actionnaires, les auteurs constataient que l'imputabilité des nouveaux managers était devenue pratiquement inexistante, et donc qu'il fallait craindre le pouvoir nouvellement concentré entre leurs mains. C'est donc en ce sens que Mizrutichi et Hirschman (2010) considèrent que le climat général de prospérité et d'aisance qui a caractérisé la période des trente glorieuses – autant pour l'entreprise industrielle que pour les ménages, dont l'accès au divertissement et aux biens matériels culmine – aurait contribué à détourner la pire crainte de Berle et Means (1932). Le détournement n'a été que temporaire, tel que l'expliquent les auteurs. Cependant, pour en revenir aux ingénieurs, il n'en demeure pas moins que l'histoire canonique du management ne semble pas concevoir les critiques environnementale et anti-technologiste des années 1950 et 1960 comme ayant constitué un bouleversement majeur, ou une menace pour la légitimité de l'élite corporative, l'attention de cette dernière ayant été plus fortement captée par « les problèmes sociaux associés à l'éducation, à la pauvreté et aux droits civiques. » (Mizruchi et Hirschman, 2010, p. 1095)

Puisqu'au même moment ces critiques atteignaient très fortement la masse des ingénieurs à l'emploi de l'entreprise industrielle (Florman, 1976; Wisnioski, 2012), la question suivante paraît se poser : se pourrait-il qu'en s'évertuant à nouveau à légitimer leur propres figure et rapport de proximité à l'entreprise, les ingénieurs aient finalement contribué à épargner de la crise les managers et la croissance de leurs entreprises, de même qu'à prolonger d'une dizaine d'années un « âge d'or » du management qui, autrement, aurait pu se voir écourté? Cette dernière proposition sous-tend l'exploration des décennies 1950 et 1960, à laquelle se consacre la section

suivante. Ces deux décennies auraient apparemment marqué la fin d'un « âge d'or » de l'ingénierie occidental dont le chapitre 1 et l'invisible centralité de l'ingénieur qu'il éclaircit incarnent en un sens l'aboutissement.

De la période de fondation du management moderne, de laquelle participe centralement le personnage de l'ingénieur, retenons donc les éléments essentiels nouvellement consignés au Tableau 2.2, en relation avec les précédents.

Tableau 2.2 : L'axe de la potentialité et sa trace dans le monde moderne : l'entreprise managériale

La forme-modernité	L'histoire revisitée	L'axe de la potentialité : les traceurs			La forme-problème (cf. Figure 2.1)
		L'idée d'entreprise	**Ce qui est entrepris**	**Le rapport de l'ing. à l'entreprise**	
Le monde traditionnel	La naissance de l'ing. Moderne entre le XVIe et le XVIIIe siècle (France, Italie)	Militaire ; civile	La tension raison vs fougue, l'ici-bas : en vue de réaliser les fins prédonnées (loi royale, loi divine) La tension occasion économique vs moyen politique, la production : intégrer les contraires dans le projet technique	Ontologique : de fondation	*Le modèle du problème à résoudre*
Le monde moderne	La révolution industrielle aux XVIIe et XVIIIe siècles (Angleterre)	Industrielle	La tension technoscience vs technocritique, la production : décupler son potentiel en vue d'accroître les profits	Utopique : de légitimation	*Le « vrai » problème suivant la science économique*
	La révolution managériale : 1880-1920 (États-Unis)	Managériale	La tension capital vs travail, l'organisation : la systématiser, la standardiser en vue de répondre à l'accroissement des moyens de production La tension sous-jacente entre le statut professionnel et celui d'employé	Apolitique : de médiation	*Le « vrai » problème suivant le management scientifique*

2.6 La fin de l'« âge d'or » de l'ingénierie, ou la technologie autonome

Nous l'avons vu plus tôt, au cours des vingt à trente années qui ont séparé la fin de la « révolution managériale » et le début des années 1950, le personnage de l'ingénieur est devenu l'un des rouages essentiels de la croissance industrielle. Ce faisant, à la manière de tout bon rouage, son apport au succès de la « machine industrielle » a gagné en invisibilité (ou en anonymat), et avec lui sa figure (Wisnioski, 2012). Pour Samuel C. Florman (1994), cette invisibilité partielle n'était toutefois en rien problématique, et peut-être même avait-elle été, en un certain sens, glorieuse. Elle avait à tout le moins fait partie des caractéristiques des ingénieurs au cours du dernier tiers de l'« âge d'or » de leur profession, dont l'ensemble se serait étendu sur cent ans, entre 1850 et 1950. Tel était l'un des constats du célèbre ingénieur civil, et auteur de *The Existential Pleasure of Engineering*, initialement publié en 1976 et réédité en 1994. En ce sens, les critiques « anti-technologistes » qui avaient gagné en visibilité et en résonnance au cours des années 1950 et 1960 étaient infondées, et il importait pour lui de rectifier les « faits ».

2.6.1 Les critiques de la technologie telle que vue par Samuel C. Florman

Dans le texte de Florman, aujourd'hui qualifié de classique au sein du milieu du génie (Weingardt, 2013), l'ingénieur traite des suites de cet « âge d'or » dont il proclame la fin et, en particulier, de la confusion que le déclin engendre au sein de la communauté des ingénieurs de l'époque. Le raisonnement suivant sous-tend essentiellement le propos de l'auteur :

> It can be contended that the Golden Age of engineering was only beginning, rather than ending, in 1950. Since that time we have seen the growth of electronics, lasers, systems analysis, atomic power, computers,

> and a hundred more disciplines that make all previous engineering seem like mere thinkering. We have ventured into space, and miracle of miracles, landed on the moon. Beyond questions, since 1950 the most marvelous engineering feats have been performed each day, even more marvelous than they sometime appear to our limited understanding and to our rather jaded sense of wonder. But how is it possible to appreciate these achievements when the very foundations of the profession are being attacked and appear to be crumbling? What satisfaction can there be in recording yet another technical triumph if the ultimate value of engineering as an activity has been brought into question? It is being said that engineering, no matter how clever, is destructive. It is being said that engineering, not matter how well-intentioned, is pernicious. Engineers are being called charlatans, fools, and devils. And such things are not being said by a single eccentric philosopher sitting by Walden Pond, but by a myriad of people in every walk of life. Even engineers, to judge by their journals, have become uncertain, self-critical, and defensive. It should be apparent that engineering's Golden Age ended abruptly about 1950, and that the profession, for all its continuing technical achievements, finds itself at the present time in a Dark Age of the spirit. (Florman, 1994, p. 11)

En 1976, lorsque l'ouvrage était publié, la communauté des ingénieurs se relevait à peine d'un état de siège induit entre autres par la propagation générale du sentiment que la technologie avait échappé au contrôle des hommes, et au premier chef à celui des ingénieurs, qui étaient vraisemblablement à blâmer pour les dérives de leur produit (Wisnioski, 2012). Le nouveau compromis qui se mettait en place (et auquel nous viendrons) avait impliqué que les ingénieurs acceptent une part de la critique pour se reconstruire; une posture avec laquelle Florman (1994) était profondément en désaccord. Pour lui, l'ingénieur n'avait rien à se reprocher, outre peut-être sa foi arrogante et simpliste dans l'idée du progrès et de la technologie, par laquelle il s'était trop longtemps laissé aveugler. Pour Florman (1994), l'heure était donc grave, et plus qu'à un raisonnement, il conviait ses lecteurs à un cri du cœur dans l'introduction de son ouvrage (cité ci-dessus). Manifestement, celui-ci a résonné auprès d'un grand nombre des ingénieurs de l'époque. Et même s'il n'a pas en fin de compte pénétré

l'opinion populaire autant que les critiques qu'il dénonçait, son propos aide à la compréhension de la crise qui sévissait alors.

Dans ses premières pages, Florman (1994) travaille essentiellement à recadrer la critique environnementale et à démonter les arguments « atroces » (Florman, 1994, p. 52), « si évidemment faux, et pourtant si persuasifs et largement acceptés » (Florman, 1994, p. 57), des pères du mouvement anti-technologiste que furent pour lui J. Ellul, L. Mumford, R. Dubos, C. A. Reich et T. Roszak. En deuxième partie, il s'affaire à réhabiliter la profession d'ingénieur en la représentant « telle qu'elle est » aux yeux de ceux qui l'exercent : c'est-à-dire, telle « une occupation qui [depuis les premiers hommes] répond à nos plus profonds instincts, et qui est riche en récompenses sensuelles et spirituelles. » (Florman, 1994, p. 149) Pour Florman, l'ingénierie et la technologie relèvent en somme de la « nature humaine », de sorte qu'il y aurait « en nous des talents et des réflexes profonds sous-tendant toutes nos créations technologiques. » (Florman, 1994, p. 113) Je laisse de côté cette seconde partie de l'ouvrage, pour m'attarder surtout à la réfutation des arguments des critiques anti-technologistes par l'auteur.

Pour Florman (1994), il importe tout d'abord d'accorder toute son importance à la critique anti-technologiste, en dépit des aberrations qui la sous-tendent. Car si c'est « pour le mieux » que la crise environnementale « a démoli les tours de notre arrogance [celle des ingénieurs] », c'est à l'inverse injustement et fallacieusement que le mouvement anti-technologiste abat « les murs de fondation de notre confiance. » (Florman, 1994, p. 56) Pour lui, le pilier argumentaire des anti-technologistes, selon lequel – suivant la pensée de J. Ellul – « la technique est devenue autonome » et qu'elle « a façonné un monde qui obéit à ses propres lois » (Ellul, 1954, cité dans Florman, 1994, p. 48), relève de l'absurdité complète : l'idée d'une technologie autonome, indépendante de l'homme, « n'est pas uniquement une figure de style », clarifie-t-il donc ironiquement pour ses lecteurs, « mais bien une définition sérieuse ».

Pour réfuter la proposition d'Ellul, Florman fait entre autres valoir que le concept de technologie autonome « fait complètement abstraction de l'intégrité et de l'intelligence des personnes ordinaires » (Florman, 1994, p. 62), et que cela est inadmissible. En particulier, que de nier ainsi tout pouvoir de conscience ou de volonté à des hommes que l'on présume « forcés par la technologie d'exercer un travail fastidieux et dégradant » relève du dogme et du mépris, et achève de consacrer le fait que « la pitié et le dédain du citoyen individuel constituent en effet l'un des attributs essentiels de l'anti-technologie. » (Florman, 1994, p. 62)

Au contraire du mépris qu'il perçoit chez les anti-technologistes, et qu'il leur reproche, Florman (1994) suggère que les ingénieurs ont jusqu'alors accueilli les demandes de leurs concitoyens – ou de la société, comprend-on – avec respect, et qu'ils se sont affairés à concevoir des solutions qui les rencontreraient au mieux, selon l'interprétation qu'ils s'en étaient faite. C'est en ce sens qu'il affirme que « si l'on avait demandé aux ingénieurs de résoudre la problématique de la protection globale de nos ressources, ceux-ci auraient été heureux de le faire », mais qu'« en l'absence de telles demandes […], il n'y a aucune raison rationnelle de lier la crise [environnementale] aux erreurs de l'ingénierie. » (Florman, 1994, p. 34) Suivant, il paraît tout à fait injuste pour Florman que les ingénieurs soient blâmés d'avoir répondu à des exigences qui leur avaient faites par le collectif au service duquel ils œuvraient :

> Les ingénieurs auraient-ils dû proclamer qu'ils ne voulaient pas mettre un homme sur la lune, mais qu'ils préféraient travailler à la protection de l'environnement? Quelques-uns d'entre eux l'ont fait, en tant que citoyens individuels ou groupes organisés. Mais auraient-ils dû l'exprimer en tant que profession? Cela aurait été comme si le pouvoir judiciaire avait refusé de renforcer certaines lois sous prétexte que ces lois devaient être changées. Les professionnels ont l'obligation de mener [to lead], mais ils ont également le devoir de servir. Une fois servie, la société n'a ensuite plus aucun droit de blâmer les professionnels pour sa propre myopie. (Florman, 1994, p. 36)

Telle est donc essentiellement la lecture de Florman (1994) des événements critiques qui déferlent devant lui. En atténuant encore davantage la responsabilité des ingénieurs vis-à-vis des reproches qui leur sont faits, il appelle ses lecteurs à prendre acte de la complexité des questions auxquelles sont confrontés les ingénieurs, et de la difficulté (voire de l'impossibilité) pour quiconque de juger du caractère acceptable (ou non) de leur action, sans tomber dans le simplisme. La seule autre alternative étant donc apparemment un relativisme assez complet :

> Je ne voudrais pas être impliqué dans la mise en marché de produits que l'on n'aurait pas prouvés comme étant complètement inoffensifs en toutes circonstances pour les individus et l'environnement; mais plusieurs ingénieurs considèrent qu'il est mal venu de jouer les moralisateurs [traduit de Temporate society] en privant les individus des produits qu'ils désirent, ou même de faire monter les prix en intégrant aux designs des composantes anti bris [fail-proof features] que les individus ne veulent pas. Il est certain que les ingénieurs de l'industrie automobile ne sentent pas qu'ils trahissent le public à chaque fois qu'ils conçoivent une voiture avec plusieurs enjoliveurs chromés, ou qui n'est pas aussi robuste qu'un tank. Il est assurément possible de croire de bonne foi que les individus ont le droit d'avoir accès à des produits frivoles, ou qu'une voiture totalement sécuritaire encouragerait une conduite téméraire, ou même que de faire un grand profit pour une corporation constitue un geste important et acceptable. […] Nous [en tant qu'ingénieur] sommes professionnellement engagés envers la vérité. Mais quelle est la vérité? (Florman, 1994, p. 21-23)

Pour Florman (1994), il paraît donc évident que la technologie n'a rien d'autonome, tout autant qu'elle n'est en soi ni bonne ni mauvaise. La responsabilité – ou le manque de responsabilité – que l'on faisait peser sur les ingénieurs devait donc être assumée collectivement. Contre toutes les apparences et conceptions communes, estime Florman, « ça n'[était] pas la profession d'ingénieur qui [était] en procès », mais bien « notre démocratie » (Florman, 1994, p. 34) :

> Les politiciens, anxieux de se maintenir au pouvoir, se plient aux désirs paresseux et égoïstes de la population. Les leaders n'osent pas en appeler

> au sacrifice sauf quand les crises rendent une telle posture politiquement populaire. Le gouvernement a traditionnellement faire preuve de peu d'intérêt pour la planification à long terme (sauf pour la cause militaire) et de peu de préoccupation pour la préservation des ressources naturelles. En cela, le gouvernement a reflété avec justesse l'indifférence des individus. […] Ce qui nous ramène à la moralité [de laquelle auraient manqué les ingénieurs], l'implication étant qu'en l'absence d'un support public les ingénieurs auraient dû mettre eux-mêmes en œuvre l'action pour détourner la crise environnementale. Le problème avec cet argument relève du fait que dans le vrai monde des vraies personnes, l'action efficace vis-à-vis de problèmes compliqués ne peut être entreprise que si quelqu'un paie pour elle. […] Nous savons tous qu'un effort organisé est requis, et qu'un tel effort n'est possible que s'il est commandité par la société. (Florman, 1994, p. 34)

Mais en suggérant ultimement que le contrôle et les bienfaits de la technologie n'ont de limites que celles de notre démocratie et de notre propre maturité sociale, Florman (1994) s'est apparemment avéré soutenir la thèse qu'il visait précisément à réfuter : car si, tel qu'il l'avançait, la technologie des ingénieurs n'était pas autonome, la mécanique économique, elle, le devenait bel et bien par l'entremise de son propre discours. Une fois que ce dernier l'eut naturalisée, il devenait possible que cette mécanique économique impose le « fait que dans le vrai monde des vraies personnes » toute action (technologique) efficace doive être « commanditée par la société » (Florman, 1994, p. 34). Dans ce « vrai monde », corollairement, il paraissait donc évident que « quand les ingénieurs placent leur loyauté envers le public au-dessus de leur loyauté envers une entreprise, ils se retrouvent sans défense contre les représailles, qui prennent habituellement la forme du congédiement. » (Florman, 1994, p. 20) Si, pour Florman (1994), un tel constat relevait d'un pragmatisme qui manquait aux critiques de la technologie, n'illustrait-il pas justement une perte d'autonomie de l'homme vis-à-vis du système? Si, tel que je l'ai interprétée, cette thèse implicite sous-tend en effet le discours de Florman (1994), alors celui-ci aurait peut-être, en fin de compte, contribué au travail des réformateurs par lequel « les ingénieurs ont adopté une puissante vision du changement technologique autonome

qui continue jusqu'à aujourd'hui à façonner la manière dont leur profession, et aussi la majorité des Américains, entre en contact avec le monde humainement bâti. » (Wisnioski, 2012, p. 3) Tel que nous le verrons, il semble en effet que l'admission de l'idée d'un changement technologique autonome se soit présentée à un grand nombre des ingénieurs du temps comme l'ultime voie de leur réhabilitation sociale, en dépit de l'affaiblissement identitaire accru qui allait en découler.

2.6.2 L'invisibilisation de l'ingénieur par « l'idéologie du changement technologique »

Tel que l'avait brièvement évoqué Florman (1994) en introduction, face à la montée des mouvements critiques dans les années 1950 et 1960, certains ingénieurs en étaient venus (à l'instar d'un nombre croissant de leurs concitoyens) à douter de leur technologie, à s'en méfier même, et à devenir critiques vis-à-vis du passé de leur profession. Dans un ouvrage intitulé *Engineers for Change: Competing Visions of Technology in 1960s America,* Mathiew Wisnioski (2012) explore le mouvement et la pensée d'un groupe d'ingénieurs « réformateurs », dont l'influence fut marquante et durable pour l'époque et jusqu'à aujourd'hui, en dépit du petit nombre de ceux qui ont activement travaillé à l'engendrer. Ainsi, pour Wisnioski (2012), ce qui surprend le plus de cette minorité d'ingénieurs réformateurs et des débats auxquels ils ont pris part, c'« est le degré de notoriété qu'ils ont atteint, et la fréquence avec laquelle ils se sont réconciliés avec les critiques de la technologie. » (Wisnioski, 2012, p. 7) Éventuellement soutenue par un consensus au sein de l'élite professionnelle quant aux sources et raisons « réelles » de la crise, la réforme initiée par le petit groupe de radicaux a pris une orientation plus claire, jusqu'à ce qu'elle parvienne enfin à instituer (vers la fin des années 1960) un nouveau rapport de l'ingénieur à la technologie (Wisnioski, 2012).

À la racine de la réforme, se trouvait donc le concept (apparemment paradoxal) du « changement technologique autonome ». Par lui, les ingénieurs réformateurs allaient en effet tenter de restaurer la légitimité de leur figure et, dans une certaine mesure, parvenir à épargner leur profession de lourdes condamnations. Mais à la base, les réformateurs s'étaient ardemment affairés à résoudre pour eux-mêmes la perte de sens qui les frappait individuellement. Car si, tel que nous l'avons vu, la technologie avait jusqu'alors été présumée bonne, en ce qu'elle servait le progrès matériel et social – par l'entremise de la croissance industrielle, notamment, mais aussi par la voie de divers projets de conquêtes (de l'espace, de la puissance d'État, etc.) –, il s'avérait maintenant très clair qu'il y avait eu problème, et que les promesses de la technologie ne tenaient plus. L'illusion avait été complète, clamaient les critiques : la technologie avait mené aux atrocités « de la guerre du Vietnam, de la dégradation de l'environnement et à une pléthore d'autres risques sociotechniques » (Wisnioski, 2014, p. 4); et les ingénieurs – obnubilés qu'ils étaient par l'idéal du progrès, ou par les exigences d'une machine industrielle en pleine croissance – n'y avaient apparemment rien vu ni su anticiper. En tant qu'ingénieur, comment assumer une telle charge de culpabilité? Ou comment donner un sens à l'idée d'une technologie autonome? Comment, en somme, faire face à une désillusion aussi ontologiquement déstabilisante? Car, tel que le laissait aussi entrevoir le propos de Florman (1994), il s'agissait bel et bien d'une remise en question de l'« être ingénieur ». Nous l'avons vu, depuis la « révolution managériale », la figure de l'ingénieur s'était construite en tant qu'apolitique, et intrinsèquement liée à l'innovation technologique. Si la technologie s'avérait finalement aussi dangereuse qu'autonome – si, en tant qu'ingénieur, il fallait en somme s'avouer menaçant, et impuissant –, quels pouvaient être le rôle et la raison d'être de l'ingénieur dans l'avenir?

Selon M. Wisnioski (2012), une part de la crise ontologique des ingénieurs aurait été levée par la construction d'un discours qui s'est avéré apte à investir une partie de la critique pour dissiper les accusations et réinventer sa figure.

> Des concepts appropriés des critiques de la technologie – et plus spécifiquement la croyance selon laquelle les systèmes technologiques incarnent des arrangements de pouvoir et d'autorité, et que ces systèmes peuvent acquérir une vie propre – qui ont transformé la notion de responsabilité des ingénieurs, de même qu'étendu leurs possibilités en tant qu'agents de changement social. » (Wisnioski, 2012, p. 9)

De la croyance en une « technologie autonome » insufflée par les critiques, a éventuellement émergé une adaptation conceptuelle, sous la forme d'une théorie du « changement technologique autonome », dont l'efficacité symbolique s'est avérée essentielle au discours des ingénieurs réformateurs. À travers l'analyse de Wisnioski (2012), l'on comprend qu'en présentant l'idée du « changement technologique autonome » comme le constat objectif d'un phénomène social réel – « the <u>is</u> of society as they saw it » (Wisnioski, 2012, p. 8) –, les ingénieurs ont prescrit une manière de voir le monde – « the <u>ought</u> for which they risked their career » (Wisnioski, 2012, p. 8) –, et que celle-ci s'est avérée apte à créer un nouvel espace ontologique légitime pour leur profession.

Le concept de « changement technologique autonome » était donc compris et présenté par les ingénieurs réformateurs de l'ingénierie comme le constat du fait que « l'accélération rapide du progrès technologique a produit une série de conséquences négatives et inattendues, qui elles-mêmes ont mis en évidence l'insuffisance à réagir de l'équipement institutionnel et des modes de vie. » (Wisnioski, 2012, p. 10) Pour ces ingénieurs :

> Ces problèmes n'[avaient] que tout récemment émergé, et résult[aient] de la nature même de la technologie. Conséquemment, les ingénieurs ne pouv[aient] pas être blâmés pour les dilemmes technologiques de leur pays. Les ingénieurs, de surcroît [étaient] les mieux équipés pour adapter la société à la technologie en maximisant ses retombées positives et en minimisant ses effets négatifs. (Wisnioski, 2012, p. 10-11)

Mais plutôt qu'un constat, les ingénieurs réformateurs proposaient une vision du monde par laquelle allait s'effectuer un travail d'appropriation et de traduction des critiques de la technologie, de même qu'un renouvellement de leur figure. C'est en ce sens que, pour Wisnioski (2012), le maître concept des ingénieurs réformateurs n'était pas un diagnostic inoffensif, une description de la réalité « telle qu'elle était », mais bien le cœur d'une « idéologie du changement technologique » sous-tendue par de multiples dimensions implicites. Par la diffusion de cette idéologie, une absolution pouvait s'opérer et un avenir prometteur devenait à nouveau envisageable pour l'ingénierie et les ingénieurs :

> L'idéologie du changement technologique n'est pas une simple variante du progressisme technologique, et elle est bien plus qu'un déterminisme technologique. Elle constitue une philosophie normative fondée sur une série de concepts flexibles qui rendent le passé et le présent compréhensibles, et le futur manipulable par l'expertise. En mettant l'accent sur la nouveauté de sa découverte [celle du fait de la technologie autonome], elle absout les droits acquis [envers la technologie] de toute responsabilité antérieure vis-à-vis des conséquences délétères de la technologie, et positionne le découvreur [ingénieur] en tant que mieux habilité entre tous pour prendre des décisions relatives aux futures innovations. (Wisnioski, 2012, p. 11)

Par ce qui semble au moins en partie avoir été un succès performatif de la théorie sociale des ingénieurs réformateurs, les blâmes et les accusations se sont graduellement estompés, en même temps que les ingénieurs s'investissaient d'une nouvelle mission. Car s'ils ne pouvaient désormais plus être les producteurs de la technologie, et encore bien moins ses producteurs exclusifs – ce rôle n'étant plus socialement acceptable ni donc endossable –, il n'en demeurait pas moins être les seuls (alléguaient-ils) à pouvoir en comprendre les mystérieux mouvements, et à en maîtriser les conséquences inattendues. Une telle vision n'était toutefois pas sans contradiction, et la « nature » autonome et imprévisible de la technologie s'est

apparemment avérée plus acceptable que le nouveau rôle d'expert que l'ingénieur a tenté de se donner dans l'histoire (Wisnioski, 2012).

Si, en effet, l'appropriation et l'investissement du concept de « changement technologique autonome » « a très rapidement provoqué des résultats bénéfiques pour les ingénieurs » en « [restaurant] l'identification de l'ingénierie en tant que profession dotée d'une autorité d'expert [en calmant] les dissensions interprofessionnelles, et [en assimilant] l'analyse [des réformateurs] à une prescription, par la naturalisation de la technologie » (Wisnioski, 2012, p. 12), la traduction sociale a également eu pour effet « de réduire l'identité d'ingénieur » (Wisnioski, 2012, p. 196), ou d'en amoindrir l'influence auprès de leurs employeurs corporatifs. Car « en liant l'ingénierie à des forces technologiques inévitables », les ingénieurs consentaient en quelque sorte à se représenter « comme à la dérive dans la vague historique de l'innovation. » (Wisnioski, 2012, p. 12) Tel que Wisnioski (2012) le met en lumière, la nouvelle figure « entretenait une part de l'imaginaire héroïque par lequel les ingénieurs s'étaient définis au début du XXe siècle – en postulant par exemple que les ingénieurs d'élite pouvaient exercer un contrôle sur la technologie en canalisant son pouvoir autonome –, mais l'ordre de commandement s'était inversé. » (Wisnioski, 2012, p. 12) L'anonymat fonctionnel par lequel l'ingénieur industriel avait fait son chemin jusqu'aux années 1950 planait encore, et si l'idéologie du « changement technologique » avait réussi à lever les accusations vis-à-vis de la profession, il n'allait pas de soi qu'elle rendait la majorité de ses membres moins anonyme. Nous l'avons évoqué en commençant : au XXIe siècle, « alors que la 'technologie' accroît sa portée rhétorique, celle de l''ingénierie' s'amenuise. » (Williams, 2002, p. 17) Vraisemblablement, c'était déjà l'horizon que contemplait, au tournant des années 1970, cette majorité d'ingénieurs anonymes que l'acception générale d'une technologie autonome avait graciée. Par le combat des ingénieurs réformateurs, c'est donc peut-être davantage le règne de l'entreprise managériale et de ses managers qui s'est avéré momentanément épargné, que la dignité professionnelle des ingénieurs.

À mesure que la théorie clandestinement normative du « changement technologique autonome » s'intégrait dans la nouvelle réalité perçue – c'est-à-dire, à mesure qu'elle était performée –, les ingénieurs renouaient effectivement avec une conception légitime de leur rôle, et reconstruisaient leur figure à partir de l'idée que « le progrès social serait accompli par la recherche d'alternatives à la rationalité technocratique » (Wisnioski, 2012, p. 9). En ce sens, le « changement technologique autonome » a peut-être donné quelques moyens aux ingénieurs de prendre une distance vis-à-vis de la fonction trop unique d'opérateur de la « machine organisationnelle » qu'ils en étaient venus à incarner presque exclusivement. Le concept de « changement technologique autonome », tel qu'il était diffusé par les réformateurs, appelait en effet à un approfondissement critique du jugement et de la responsabilité des ingénieurs vis-à-vis des finalités qu'ils accepteraient (à l'avenir) de servir – ou, en d'autres mots, à un renouvellement du professionnalisme (Wisnioski, 2012). Si cependant cette distance critique vis-à-vis des employeurs a pu se matérialiser pour certains, elle fut apparemment le plus souvent réduite par un management industriel qui s'est avéré apte à rediriger les termes de la responsabilité d'ingénieur vers une optique corporatiste, par laquelle l'absolution de l'ingénieur menait en même temps à l'absolution par avance de l'industrie, et au soutien légitime de sa croissance (Wisnioski, 2012). Selon une telle rhétorique :

> Les intérêts corporatistes ont cherché à affaiblir les lignes de la responsabilité [des ingénieurs] en mettant l'accent sur l'inévitabilité des effets secondaires imprévisibles comme condition naturelle du changement technologique. Depuis une telle perspective, l'enquête excessive quant à la nature de ces effets aurait entravé la responsabilité des ingénieurs envers la productivité du système qu'ils servaient. Que de tenter d'anticiper chacun des effets négatifs de la technologie [dans une perspective de progrès social], soutenaient-ils, serait une tâche impossible d'hubris. (Wisnioski, 2012 : 92)

En somme, l'argument du management a exploité le « fait » admis de l'inévitable imprévisibilité du changement technologique pour redéfinir le rôle de l'ingénieur en

tant qu'agent d'accompagnement de ce changement dans (et pour) l'entreprise : la « responsabilité du changement » étant défini comme « le devoir pour les ingénieurs de réprimer la réflexion critique » de sorte de « toujours se maintenir à la hauteur des développements dans plusieurs domaines » (Wisnioski, p. 94) : autrement dit, d'en suivre le rythme. Tel que l'illustre une annonce de recrutement datée de 1966, donnée en exemple par Wisnioski (2012), le management en vient à concevoir l'ingénieur comme le traducteur du phénomène du changement technologique pour l'entreprise :

> One of the things that make his life [the engineer's] hardest is that he knows change is a strong influence, a disruptive unsettling thing. Nobody likes change, and the engineer that Hamilton Standard seeks today, perhaps does not like change any more than the rest of us do. But he accepts his professional responsibility for change. He knows if he is to survive, he must live with it all the time. He must be aware of many developments in many fields. Something inside him says: "You must keep up!" (cité dans Wisnioski, 2012, p. 94)

Ainsi, dans ce contexte, la responsabilité de l'ingénieur de « changer les choses n'était plus motivée par le progrès social, mais bien par la nécessité de se garder toujours à la hauteur » (Wisnioski, 2012: 94) des développements technologiques, de sorte que son entreprise d'attache (et, plus globalement, le système) puisse en bénéficier; tout effort excessif d'anticiper les effets négatifs de la technologie dans une perspective directe de progrès social relevant du zèle (de l'hubris), et d'une faillite à accepter la nature même – intrinsèquement imprévisible – du changement technologique.

À la même époque, pour les gestionnaires de ces dernières entreprises, la performance était par ailleurs de plus en plus conçue comme étant tributaire d'une adéquation entre la structure organisationnelle et les facteurs déterminants de l'environnement d'entreprise (Rouleau, 2007). À travers la lunette des théories de la contingence, les managers en viennent en effet à concevoir la structure organisationnelle comme un problème de *design*, dont les contraintes de conception –

ces « facteurs de contingence », dont la technologie fait partie – sont dictées par l'environnement de l'entreprise. La structure d'entreprise devient en somme un « problème à résoudre », et l'ingénieur ne devient plus que l'un des acteurs « dont le projet définit le rôle et les tâches » (Vérin, 1993, p. 12).

Par cette nouvelle problématisation de la structure et de la performance d'entreprise, le rôle de l'ingénieur se voit redéfini par le management : l'ingénieur devient celui qui « ne doit jamais se laisser dépasser » par le changement technologique, tout en acceptant que la technologie ait inévitablement des effets imprévisibles. Ainsi problématisée, sa tâche et sa responsabilité sociale ne consistent plus à développer un sens critique vis-à-vis du monde corporatif qui l'emploi – une telle aspiration nuirait à sa capacité « de ne jamais se laisser dépasser » par le changement technologique –, mais bien à accepter l'inévitabilité des effets imprévisibles de la technologie, tout en « acceptant sa responsabilité professionnelle envers le changement… réagir au changement, créer le changement, préparer au changement » (Wisnioski, 2012, p. 94). En investissant le concept de « changement technologique autonome », notamment à partir du cadre d'analyse des théories de la contingence, les managers ont peut-être fait en sorte que la mise en « forme-problème » commence à échapper aux ingénieurs…

En conclusion, il apparaît que si les théories critiques ont été aussi puissantes pour l'époque, « c'est parce qu'elles permettaient de conceptualiser le rapport de l'humanité à ses dispositifs d'une manière qui a interpellé les ingénieurs [eux-mêmes] désenchantés par les promesses de la technologie. » (Wisnioski, 2012, p. 8) Par extension, contrairement à ce qu'avaient espéré les premiers ingénieurs réformateurs, ce n'est pas tant en raison de sa capacité à reconstruire leur figure en tant que défenderesse de « l'intérêt commun », ou à renouveler le professionnalisme, que la

communauté des ingénieurs a aussi largement adopté l'idée d'une technologie autonome, mais bien pour sa capacité in extremis à absoudre leur profession des fautes qui lui incombaient, fautes qui tout d'abord avaient pesées sur la multitude des membres individuels. Dans la marge laissée par la redéfinition chancelante du professionnalisme, le management serait donc parvenu à investir et à s'approprier au moins en partie la mise en « forme-problème » de la technologie.

À l'issue de la crise, vers la fin des années 1960, la figure de l'ingénieur ressortait donc apparemment plus invisible encore qu'auparavant, tous les regards étant désormais tournés vers la force autonome du changement technologique. Tout se passait comme si cette invisibilité sociale en était venue à constituer pour les ingénieurs un substitut potentiel au professionnalisme en situation de résurgence du paradoxe – c'est-à-dire, lorsque les intérêts de l'employeur corporatif n'étaient plus généralement perçus comme alignés à ceux de l'« l'intérêt commun » qu'ils étaient supposés défendre. C'est en ce sens que l'invisibilité que laissait planer le propos de Chandler en 1977, dans *The Visible Hand*, sur l'ingénieur de la fin du XIXe et du début du XXe siècle, a paru anachronique : si une invisibilité sociale a effectivement caractérisé la figure de l'ingénieur, celle-ci a relevé davantage du temps d'Alfred Chandler, que des quatre décennies de la « révolution managériale ».

Il serait ici tentant d'en rester là : car n'est-ce pas en quelque sorte l'*invisible centralité* de l'ingénieur qui se joue ici manifestement, en expliquant (ou en tout cas en annonçant) une part des événements relatés au chapitre 1? Les dérives de la technologie et son débordement des territoires de l'ingénierie commencent en effet ici, dans les années 1960, et cela bien au-delà des États-Unis. Sur le fond d'un esprit postmoderne en voix d'affirmation – nihiliste, cynique, ironique, qui n'a plus rien de naïf – « le voile [se lève] partout sur le concubinage illicite du savoir et du pouvoir, le premier masquant le second qui, en retour, le légitime. » (Déry, 2009, p. 71) Mais le personnage de l'ingénieur n'en reste pas là, ni plus qu'il accepte aujourd'hui le

paradoxe de son « expension désintégrative ». Afin de passer avec lui au paysage hypermoderne et à l'esprit qui le sous-tend, suivons donc un peu plus loin le mouvement de son rapport à l'entreprise. À nouveau, il semble que la catégorie du « projet » puisse nous y aider : déjà aux XVIe et XVIIe siècles, s'y traduisaient l'idée d'entreprise et son lien intime avec le personnage de l'ingénieur; aujourd'hui encore, il semble que cette trace puisse y être détectée, et par là traduite une *forme-problème* propre à l'hypermodernité.

Tableau 2.3 : L'axe de potentialité et sa trace dans le monde postmoderne

La forme-modernité	**L'histoire revisitée**	**L'axe de la potentialité : les traceurs**			**La forme-problème (cf. Figure 2.1)**
		L'idée d'entreprise	**Ce qui est entrepris**	**Le rapport de l'ing. à l'entreprise**	
Le monde traditionnel	La naissance de l'ing. Moderne entre le XVIe et le XVIIIe siècle (France, Italie)	Militaire; civile	La tension raison vs fougue, l'ici-bas : en vue de réaliser les fins prédonnées (loi royale, loi divine) La tension occasion économique vs moyen politique, la production : intégrer les contraires dans le projet technique	Ontologique : de capacitation et de médiation (symbolique)	*Le modèle du problème à résoudre*
Le monde moderne	La révolution industrielle au XVIIe et XVIIIe siècles (Angleterre)	Industrielle	La tension capital vs travail, la production (la nature) : décupler son potentiel en vue d'accroître les profits L'intérêt privé vs l'« intérêt commun », la société : intégrer le politique et le technologique dans l'utopie	Utopique : de potentialisation et de légitimation	*Le « vrai » problème suivant la science économique*
	La révolution managériale : 1880-1920 (États-Unis)	Managériale	La tension capital vs travail, l'organisation (le « facteur humain ») : la systématiser, la standardiser, la huiler en vue de répondre à l'accroissement des moyens de production La tension sous-jacente entre le statut d'ing. professionnel vs celui d'employé	Apolitique : de construction et de médiation (politique)	*Le « vrai » problème suivant le management scientifique*
Le monde postmoderne	La fin de l'« âge d'or » de l'ingénierie : les années 1960 (États-Unis)	Managériale	La tension société historique vs société technologique, le changement : le suivre, le susciter, le créer, le préparer, l'accompagner... La tension sous-jacente entre le statut d'ing. professionnel vs celui d'employé	Subpolitique : d'allégeance et d'auto-rationalisation	*Des cadrages multiples en parallèles*

2.7 Le temps du « projet »

Explorons tout d'abord l'idée suivant laquelle le personnage de l'ingénieur tenterait notamment aujourd'hui de se donner des moyens pour réinvestir la catégorie du « projet ». Nous l'avons vu, celui-ci fut à la base une catégorie d'ingénieur moderne : il acquière sa première signification entre le XIIe et le XVIe siècle par-et-pour les ingénieurs militaires, dans le contexte des guerres entre les royaumes d'Europe. Pour être « justes », ces guerres ne doivent pas excéder la préparation des sièges (le « proujet ») et l'assaut « en droiture » des forteresses. Elles découragent donc leur « entreprise » par des chemins détournés, ou au moyen des innovations des ingénieurs d'artillerie. Nous avons vu comment ces innovations sont devenues plus légitimes au courant du XVIe siècle. Par la suite, aux XVIIe et XVIIIe siècles, le projet prend le sens de « production par entreprise » pour la construction d'une place forte, d'une route ou de toute autre infrastructure commandée par l'État. Tel que le propose Vérin (1993), c'est à l'occasion (et pour les besoins) de ces projets techniques que naît une place jusqu'alors inédite pour l'exercice des fonctions d'ingénieurs modernes : au confluent d'un projet économique et d'un projet politique, le projet technique de l'ingénieur devient l'espace toujours temporaire de la convergence d'intérêts contraires, par lequel se fixent les rôles et les tâches des acteurs concernés, et par lequel l'ingénieur doit « prévoir l'imprévisible » grâce au calcul mathématique, et politique. En ce sens, le « projet » et la « forme-problème » qui le sous-tend instituent l'ingénieur en tant que médiateur des conflits d'intérêts entre les acteurs, et le rendent responsable de la convergence optimale de ces intérêts à l'intérieur d'un devis technique. Ce dernier sens du mot « projet » est toujours d'actualité – c'est celui qui prévaut encore en génie civil, tout particulièrement, et par lequel nos gouvernements procèdent dans une large mesure à l'aménagement (urbain, rural, hydroélectrique,

routier, etc.) du territoire –, à l'exception du fait qu'il renvoie davantage aujourd'hui à une forme spécifique d'organisation du travail (plutôt qu'à une entreprise), par laquelle la conception technique de l'ingénieur – typiquement à l'emploi d'une firme d'ingénierie – se voit additionnée d'une « dimension technique de pilotage des délais et des coûts. » (Garel, 2003 : 78) Aujourd'hui, dans le milieu de l'entreprise (mais aussi bien au-delà) d'autres usages du mot « projet » sont nés, se sont répandus, et sont devenus plus structurants (sur le plan social) que son usage historique.

Dans le cadre de cette mouvance, l'émergence des plus récentes formes d'entreprises contemporaines, dites désintégrées, « maigres », « allégées », « dégraissées », « en réseau » (Boltanski et Chiappello, 1999, p. 124), peut aussi s'interpréter comme étant sous-tendue par (ou associé à) un renouvellement du sens du mot « projet ». Selon cette perspective, la nouvelle signification du mot « projet » aurait en quelque sorte doublé celle qui a émergé au XVIIe siècle (et qui perdure à ce jour), tout en insufflant à la métaphore du réseau une richesse et une puissance renouvelée, qui rappellent l'effervescence de l'esprit des saint-simoniens à l'égard de la forme réticulaire et de ses potentialités (Debrune, 2001). Ainsi, au sein de la « cité par projet » de Luc Boltanski et Éve Chiapello (1999), le réseau fait en sorte que tout (ou presque) devient possible, pourvu que l'on s'affaire en tant qu'individu – par la voie des projets envers lesquels on s'engage – à multiplier, à maintenir potentiellement activables, et à partager avec d'autres toute sorte de connexions et de relations humaines. Dans le « nouvel esprit du capitalisme », c'est en somme par le réseau que se voient levées (et légitimées) les nombreuses contrariétés (comme le mouvement des délocalisations pour les ingénieurs) qui accompagnent la « nouvelle économie » depuis les années 1980 – et dont la théorie des coûts de transaction constitue l'un des fondements. Nous verrons donc comment les ingénieurs paraissent s'investir dans la mouvance archétypique théorisée par Boltanski et Chiapello (1999), par laquelle la multiplication des projets est conçue comme un tremplin vers le salutaire réseau et, ce faisant, vers l' « état de grand » dans la « cité par projet ».

2.7.1 L'investissement de la « cité par projet » par les ingénieurs

Jusque dans les années 1960, la gestion de projet constitue un domaine de pratique dont les techniques et méthodes – comme « le financement, l'estimation des coûts, le design de prototypes, les opérations, la gestion des sites de construction, la gestion de la chaîne d'approvisionnement, la négociation des contrats, etc. » (Garel, 2013 : 667) – sont maîtrisées par des ingénieurs (Garel, 2013). Dans ce contexte, la qualité de l'ingénieur en tant que gestionnaire de projet relève « de la singularité des expériences individuelles et des succès occasionnels » (Garel, 20130, p. 667) que celui-ci connaît au cours de sa carrière.

En 1969, avec la fondation aux États-Unis du *Project Management Institute* (PMI), la gestion de projet « entre dans une ère de rationalisation standardisée. » (Garel, 2013, p. 667) Les professionnels de la gestion de projet que regroupe l'Institut dès sa naissance (et jusqu'à aujourd'hui) incluent typiquement des techniciens, des scientifiques et des ingénieurs à l'emploi de grandes firmes d'ingénierie ou de la NASA (Garel, 2003). Par la mise en commun des expériences des individus membres du PMI, émerge éventuellement le *Project Management Body of Knowledge* (PMBOK) – qui constitue actuellement la norme de gestion de projet la plus reconnue –, de même qu'un « arsenal sophistiqué de méthodes et d'outils de gestion » (Garel, 2013, p. 667). Selon Garel (2013, p. 667), « la culture de cette association professionnelle demeure à ce jour hautement technique. » En tranchant cependant avec la gestion de projet lorsqu'elle était maîtrisée par les ingénieurs, ce ne sont plus tant les expériences et les succès individuels qui font la compétence, mais la certification en vertu des principes du nouveau modèle standardisé. C'est dire qu'à partir de 1969, par la voie de l'institutionnalisation de la gestion de projet, une part de la compétence complexe de l'ingénieur se voit ici encore intégrée au management et (auto)rationalisée.

Par la suite, en dépit de la reconnaissance de laquelle jouissent encore les normes et l'approche du PMI dans certains milieux, les bouleversements qui affectent la firme au cours des années 1980 engendrent une rupture et un renouvellement de la gestion de projet, en « réponse à la nécessité de développer les projets plus rapidement » (Garel, 2003, p. 85) :

> Le temps de mise sur le marché des produits devient un axe majeur de la concurrence dans les pratiques industrielles, dans la littérature stratégique et dans la presse managériale. […] Le terme 'time pacing' s'est imposé à la fin des années 1990 comme un concept générique caractérisant les stratégies de vitesse des entreprises (Eisenhardt et Brown, 1998). Derrière cette expression […], on trouve l'idée que pour maintenir un avantage dans un environnement très concurrentiel et peu prévisible, les entreprises doivent imposer au marché un rythme d'innovation soutenue. […] Ces stratégies dites d'obsolescence impliquent d'être le premier sur le marché avec une offre innovante pour déclasser l'offre existante (y compris la sienne) et satisfaire une demande volatile […]. Il ne s'agit plus de questionner le client sur ce qu'il veut, mais d'être le premier à lui proposer ce qu'il pourrait éventuellement vouloir. (Garel, 2003, p. 85)

Ainsi, en parallèle du modèle institutionnalisé du PMBOK – qui prône la planification linéaire des étapes du projet par un chef, la mise en place d'objectifs clairs, et le contrôle serré des échéanciers et des coûts –, le modèle de l'« ingénierie concourante » (IC) naît et gagne en popularité. En contraste avec le premier modèle, l'« ingénierie concourante » s'appuie notamment sur les principes de l'*« auto-organisation des équipes-projets »* (c.-à-d. d'autonomie de l'équipe vis-à-vis de la hiérarchie), de l'*« auto-transcendance »* (c.-à-d. le devoir de dépasser le statu quo de l'industrie) et du *« multi-apprentissage »* (c.-à-d. la forte aptitude des spécialistes au travail interdisciplinaire) (Garel, 2003 : 86). En vertu de cette nouvelle approche, l'évolution du projet n'est plus linéaire, et sa direction ne relève plus tant de l'autorité d'un chef de projet, que de l'animation d'un leader d'équipe à partir de « méta-règles » (ou de « principe décentralisé de management ») qui sont connues de tous, et par lesquelles un « contrôle subtil » s'exerce sur les individus (Garel, 2003). Pour

animer leurs équipes, de tels leaders (aussi dits « heavy weight project managers ») « incarnent l'identité du projet » : ils « disposent d'une légitimité (notamment liée à un mandat explicite) et des qualités de leadership et d'animation nécessaires. » (Garel, 2003, p. 87) En outre, ce type de gestionnaire « est capable de trancher ou de faire trancher les débats, de trouver les compromis, de contrebalancer les logiques de métiers… » (Garel, 2003, p. 87) Finalement, au contraire de l'approche dite rationnelle (du PMI), l'ingénierie concourante est caractérisée par une forte tolérance à l'erreur, car « se tromper, c'est apprendre » (Garel, 2003, p. 86).

C'est donc en corrélation immédiate avec l'installation de la « nouvelle économie » et avec la montée de l'entreprise « en réseau », désintégrée, ou « maigre » que se met en place (à l'interne) ce nouveau type d'organisation du travail pour la conception innovante de produits et services. Au sein de ces équipes interdisciplinaires, l'ingénieur devient généralement un spécialiste parmi d'autres, qui ne bénéficie pas d'une autorité particulière du fait de son expertise en conception technique. Ainsi, si une telle organisation du travail offre apparemment de nombreux attraits pour les travailleurs – notamment en matière d'autonomie et de créativité –, une telle fluidité de l'entreprise et un tel management souple, conciliant et réactif peuvent également engendrer une instabilité grandissante des emplois, et la détresse. Le capitalisme exacerbé – ou l'« hypercapitalisme », dirait Lipovetsky (2004) – qui se met en place dans le années 1980 amène son lot d'inquiétudes pour les ingénieurs, mais aussi pour de nombreux autres métiers (NAE, 2010) et communautés de par le monde (Yougn-Bruehl, 2006). Tel que l'énonce Garel (2003), « qu'il s'agisse de problèmes de gestion unitaire (dans le cadre du modèle standard) ou du développement de produits et de services complexes et diversifiés en ingénierie concourante, la gestion de projet rationalise les efforts de conception et de réalisation » (Garel, 2003, p. 87) dans l'intérêt premier de l'entreprise. Comment se fait-il, alors, qu'en dépit de la précarité engendrée par le système capitaliste, autant d'individus éprouvés y croient et s'y

engagent encore (incluant les ingénieurs)? Comment expliquer la mobilisation que parviennent à susciter des logiques aussi purement économiques?

À cela, Boltanski et Chiapello (1999) répondraient que les logiques ne sont jamais purement économiques : la précarité accrue des emplois, ou tout autre désagrément qui accompagne les nouveaux modes d'accumulation du capital dans la « nouvelle économie », ont été rendus légitimes par la voie d'une rhétorique articulée autour d'un enrichissement symbolique (en quelque sorte) des thèmes du « projet » et du « réseau ». Tel que le comprennent ces deux auteurs, « le capitalisme ne peut trouver en lui-même aucune ressource pour fonder les motifs d'engagement et, particulièrement, pour formuler des arguments orientés vers une exigence de justice. » (Boltanski et Chiapello, 1999, p. 60) C'est donc en « donnant un tour nouveau » aux concepts du « projet » et du « réseau » que l'esprit actuel du capitalisme serait parvenu à répondre à l'« exigence de justice » en question. Une fois les arguments de justice émergés « en dehors de lui », les individus peuvent s'engager dans (ou envers) les logiques d'accumulation du capital tout en ayant le sentiment de demeurer moralement intègre, d'être justement rétribué pour leur engagement, et en ayant des arguments pour faire valoir leurs points de vue. Ainsi :

> La justification du capitalisme suppose […] la référence à des constructions d'un autre ordre d'où dérivent des exigences tout à fait différentes de celles imposées par la recherche du profit. Pour maintenir son pouvoir de mobilisation [et convaincre que nous nous y engagions], le capitalisme va donc devoir aller puiser des ressources en dehors de lui-même, dans les croyances qui possèdent, à un moment donné du temps, un pouvoir important de persuasion, dans les idéologies marquantes, y compris lorsqu'elles lui sont hostiles, inscrite dans le contexte culturel au sein duquel il évolue. (Boltanski et Chiapello, 1999, p. 60)

En d'autres mots, « confronté à une exigence de justification, le capitalisme mobilise un « déjà-là », dont la légitimité est assurée, et auquel il va donner un tour nouveau en

l'associant à l'exigence d'accumulation du capital. » (Boltanski et Chiapello, 1999, p. 60)

Pour Boltanski et Chiapello (1999), ce « déjà-là, dont la légitimité est assurée », ou ces « croyances qui possèdent… un pouvoir important de persuasion » auraient émergé des critiques du management et de l'entreprise à l'issue de la période des trente glorieuses. Par exemple, pour les critiques qui inspirent le fondement de la légitimité du nouveau capitalisme, « les hommes ne veulent plus être commandés ni même commander » (Boltanski et Chiapello, 1999, p. 120); la planification par le management des années 1960 a été trop « rigide et fondée sur de froides données quantitatives qui ne rendent pas compte de la 'vraie réalité' » sensible et humaine des organisations (Boltanski et Chiapello, 1999, p. 121); ce qui doit primer c'est « la souplesse et la réactivité organisationnelle seule à même de satisfaire le nouveau cahier des charges » (Boltanski et Chiapello, 1999, p. 139); ou encore :

> Les travailleurs doivent être organisés en de petites équipes pluridisciplinaires (car elles sont plus compétentes, plus flexibles, plus inventives et plus autonomes que les services spécialisés des années 1960) dont le véritable patron est le client et qui se dotent d'un coordonnateur, mais pas d'un chef. (Boltanski et Chiapello, 1999, p. 125)

À travers ces derniers exemples, l'on reconnaît en dernier lieu les prémisses de l'ingénierie concourante et, juste avant, celles de la théorie des coûts de transaction, comme si celles-ci ne nécessitaient pas d'être légitimées. Nous reviendrons sur ce point. Notons pour l'instant que pour les deux auteurs, c'est en intégrant de telles « croyances qui possèdent, à un moment donné du temps, un pouvoir important de persuasion » (Boltanski et Chiapello, 1999, p. 60) que le « nouvel esprit du capitalisme » permet aux « actants » qui réalisent l'accumulation du profit – les nouveaux managers, en particulier, mais aussi les ingénieurs – de se rendre légitimes dans l'accomplissement de leur tâche (parfois ingrate) de veiller ou de contribuer à l'accumulation du capital. Face à la nécessité de justifier des engagements corporatifs

qui concourent, par exemple, à d'importants impacts sociaux et environnementaux, ces « actants » peuvent en somme toujours « prendre appui sur des visées normatives prenant en compte non seulement les aspirations personnelles à la sécurité et à l'autonomie, mais aussi la façon dont ces aspirations peuvent être rattachées à une orientation plus générale vers le bien commun. » (Boltantanski et Chiapello, 1999, p. 102) Cet archétypique univers de justifications, ou cet ensemble rhétorique d'arguments légitimateurs des logiques capitalistes, nous disent Boltanski et Chiapello (1999), c'est la « cité par projet ». Sa cohérence émerge et se perçoit à travers l'usage – extrêmement répandu dans les textes de management des années 1990 étudiés par les auteurs – de la métaphore du réseau, de même qu'à travers le recours répété à une rhétorique du projet (Boltanski et Chiapello, 1999, p. 168). En tant que telle, la « cité par projet » constitue donc pour Boltanski et Chiapello (1999) « la nouvelle idéologie du capitalisme moderne » (Garel, 2003, p. 77) : une part de ce qui constitue donc pour nous – suivant le modèle de *la* « forme-problème » en chantier – l'esprit hypermoderne, et *sa* forme-problème spécifique.

Dans un tel contexte, c'est la « valorisation de l'idée de sécurité » qui s'avère « sans doute l'un des points sur lesquels le nouvel esprit du capitalisme est le plus fragile » (Boltanski et Chiapello, 1999, p. 149) : comme pour compenser les pertes liées à l'instabilité de l'emploi et au rétrécissement de l'État qui accompagnent les nouveaux vecteurs d'accumulation du capital, la « cité par projet » fait « l'apologie du changement, du risque et de la mobilité » (Boltanski et Chiapello, 1999, p. 149) : « dans le nouvel univers, tout est possible puisque créativité, réactivité et flexibilité sont les nouveaux mots d'ordre. » (Boltanski et Chiapello, 1999, p. 150) Plutôt que de dire que l'on souffre d'un mouvement de délocalisations massives, l'on dira que « personne n'est plus limité par son appartenance à un service et soumis totalement à l'autorité d'un chef, car toutes les frontières sont transgressables par la vertu des projets. » (Boltanski et Chiapello, 1999, p. 150) Ainsi, « le projet [devient] l'occasion et le prétexte de la connexion » :

> [Il] rassemble temporairement des personnes très disparates, et se présente comme un bout de réseau fortement activé pendant une période relativement courte, mais qui permet de forger des liens plus durables qui seront ensuite mis en sommeil tout en restant disponibles. (Boltanski et Chiapello, 1999, p. 170)

Le projet, c'est l'espace au sein duquel excellent les « grands », et où se perçoit la vraie valeur des individus, « soit en tant que leader ou en tant simple contributeur » :

> Les personnes de valeur sont, dans cette optique, celles qui réussissent à travailler avec des gens très différents, qui se montrent ouvertes et flexibles quand il s'agit de changer de projet et qui parviennent à s'adapter en permanence à de nouvelles circonstances. » (Boltanski et Chiapello, 1999, p. 153)

En ce sens, et paradoxalement, l'engagement dans des projets (par essence temporaires) en vient à constituer le seul moyen de durer et de continuer à exister. Il est ce qui confère et impose une certaine stabilité à l'incessante fluidité du réseau :

> Les projets permettent la production et l'accumulation dans un monde qui, s'il était purement connexionniste, ne connaîtrait que des flux sans que rien ne puisse se stabiliser, s'accumuler ou prendre forme : tout serait emporté dans le courant continu des frayages, qui, étant donné leur capacité à faire communiquer tout avec tout, distribue et dissolve sans arrêt ce qui se prend en eux. Le projet est précisément un amas de connexions actives propres à faire naître des formes, c'est-à-dire à faire exister des objets et des sujets, en stabilisant et en rendant irréversibles des liens. Il est donc une poche d'accumulation temporaire qui, étant créatrice de valeur, donne un fondement à l'exigence de faire s'étendre le réseau en favorisant les connexions. (Boltanski et Chiapello, 1999, p. 170)

Ainsi, dans la « cité par projet », les nouveaux héros de l'entreprise sont « 'animateurs d'équipes', 'catalyseurs', 'visionnaires', 'coachs', 'donneurs de souffle'. » (Boltanski et Chiapello, 1999, p. 131) Ils sont « tous ceux qui manifestent leur excellence dans l'animation d'une équipe, dans le maniement des hommes, par

opposition aux ingénieurs tournés vers la technique » (Boltanski et Chiapello, 1999, p. 130) :

> Comme ils ne peuvent plus s'appuyer sur la légitimité hiérarchique, ni, comme par le passé, manipuler les espérances de carrières – puisqu'avec la réduction de la hauteur des pyramides, il existe beaucoup moins d'opportunité de « monter » en interne –, et qu'ils doivent faire travailler dans le cadre de leurs projets toutes sortes de personnes sur lesquelles ils ont peu de pouvoir formel, les managers sont censés s'imposer par leurs « compétences » et leur « charisme », circonscrire les acteurs grâce à l'efficacité de leur « réseau de relations personnelles » qui leur procure information et aide, mobiliser les énergies par la puissance de leur vision et leurs qualités d' « accoucheurs » du « talent » des autres et de développeurs de potentiels. C'est de leurs qualités personnelles qu'ils tirent l'autorité qui font des « leaders », non d'une quelconque position statutaire. (Boltanski et Chiapello, 1999, p. 131)

2.7.2 La traduction de la « cité par projet » dans un discours-type de l'ingénierie

Pour pallier les impacts du phénomène des délocalisations ou, plus largement, pour face aux enjeux de la globalisation, l'ingénieur membre du NAE et dirigeant d'entreprise T. C. Kennedy fait valoir qu'il faut développer « une approche à valeur ajoutée de l'éducation en génie ». Pour lui, cela équivaut à « changer nos attentes envers les ingénieurs, et à former des diplômés munis de connaissances, de compétences, d'intérêts plus larges » (Kennedy, 2006, p. 15) :

> So, how do we become the sought-after technology center of the world? How do we move our engineering graduates up the ladder of project deliverables so that they and engineering business owners don't have to compete on a dollar-per-hour rate that will ultimately destroy our standard of living and put us in a competition we will ultimately lose? […] We have to change what we expect from engineers, and we have to turn out graduates with broader skills, interests, and abilities. With the commoditizing of basic design engineering and the migration of that function overseas, the traditional training ground for recent graduates is no longer available in the United States. Young engineers now have to move up to design leader and managerial positions much faster. The learning curve is getting steeper. (Kennedy, 2006, p. 15)

C’est dire, essentiellement, que la valeur distinctive de l’ingénieur ne doit plus aujourd’hui relever strictement de la conception technique (devis et projet), de l’aptitude au calcul prévisionnel, de la planification d’une stabilité à long terme pour la production l’entreprise, ou même du développement et de l’innovation technologiques. Plutôt, c’est la fonction d’animation et de gestion de l’ingénierie qui doit être prise comme point de départ pour cerner les compétences à développer, et celles-ci doivent être apprises et incarnées rapidement par les étudiant(e)s dans le cadre des programmes de formation. Plus spécifiquement, pour se soustraire à la menace des délocalisations et mieux soutenir la compétitivité globale de l’économie nationale, l’ingénieur doit devenir plus mobile, flexible, adaptable. Il ne doit plus tenter de contrôler ou de réduire l’incertitude pour lui-même et son organisation, il doit savoir l’assumer en étant ouvert aux autres et réactif :

> Today, it is not unusual for good candidates to have global references and experience on projects and assignments around the world. I think we must prepare our graduates for that type of career, because they aren’t likely to spend their careers working in one company, or even in one country. And they must become advisors, consultants, managers, and conceptual planners much more quickly than they did a few years back. […] Today, I need Georgia Tech, the University of Texas, and other educational institutions to turn out graduates who are mature and have more than professional engineering skills. I need graduates who know something about working with others – not just teamwork, which is a given – but a basic understanding that our culture is not the only one around. I need graduates who can speak before an audience to make a point, either to me or to a client. Comfortable or not, engineers today are constantly selling – selling an idea, a concept, a study, an alternative, or just the need for a new document-control system. (Kennedy, 2006, p. 15)

C’est dire, également, que les ingénieurs doivent savoir eux-mêmes vendre leur compétence. En somme, c’est l’« état de grand » dans la « cité par projet » qui doit être visé, pour éviter la « déchéance », mais aussi et surtout, pour servir l’intérêt collectif :

> Dans une cité par projets […] ce à quoi se mesure la grandeur des personnes et des choses, est l'activité. […] [Celle] qui surmonte les oppositions du travail et du non-travail, du stable et de l'instable, du salariat et du non-salariat […]. L'activité vise à générer des projets ou à s'insérer à des projets initiés par d'autres. Mais le projet n'ayant pas d'existence hors de la rencontre (puisque n'étant pas inscrit une fois pour toutes dans une institution ou un environnement, il se présente en action, à faire, et non sous la forme de ce qui serait déjà là), l'activité par excellence consiste à s'insérer dans des réseaux et à les explorer; pour rompre son isolement et avoir des chances de rencontrer des personnes ou de frayer avec des choses dont le rapprochement est susceptible d'engendrer un projet. […] La vie est conçue comme une succession de projets. (Boltanski et Chiapello, 1999, p. 179-180)

Pour plusieurs ingénieurs, les repères de ce nouveau « monde par projets » tranchent avec ceux du « monde industriel » qu'il connaissait le mieux, encore tout récemment : dans le « monde industriel », « les relations fonctionnelles […] participent d'une stabilité temporelle propice à la prévision : l'unité de production apparaît globalement comme un univers assez stabilisé et très bien maîtrisé. » (Boltanski et Thèvenot, 1991, p. 260) De même, « la qualité des grands êtres, êtres fonctionnels, opérationnels ou professionnels (lorsqu'il s'agit d'êtres humains), exprime leur capacité à s'intégrer dans les rouages ou les engrenages d'une organisation en même temps que leur prévisibilité, leur fiabilité, garantit des projets réalistes sur l'avenir. » (Boltanski et Thèvenot, 1991, p. 254) Dans la nouvelle réalité que dépeint Kennedy (2006), l'ingénieur ne doit plus « s'intégrer dans… les engrenages d'une organisation » conçue comme une machine, mais bien « étendre le réseau » qui constitue et renforce l'entreprise et l'économie « en multipliant les connexions [interculturelles, notamment] et en faisant proliférer les liens » (Boltanski et Chiapello, 1999, p. 181) :

> Loin d'être attaché à un métier ou agrippé à une qualification, le grand se révèle adaptable, flexible, susceptible de basculer dans une autre très différente et de s'y ajuster, polyvalent, capable de changer d'activité ou d'outil, selon la nature de la relation dans laquelle il entre, avec les autres ou avec les objets. Ce sont précisément cette adaptabilité et cette polyvalence qui le rendent employable, c'est-à-dire, dans l'univers de

> l'entreprise, à même de s'insérer dans un nouveau projet. (Boltanski et Chiapello, 1999, p. 182-183)

Tel que le traduit Kennedy en matière de formation :

> This will require changes in many of the engineering courses of study that we have traditionally valued. We must spend more time educating our graduates to be adaptable to the knowledge base that exists in other parts of the world. We must spend more learning time on developing inquisitive minds that can bear down on the pros and cons of a concept rather than providing calculations for a specific facet of a project. We must all learn to translate our ideas and basic plans into reality for cultures that may not look, sound, or dress the way we do. Unless we can do that, a large part of our engineering business will soon leave our shores. (Kennedy, 2006, p. 16)

Nous l'avons vu au chapitre 1 : en reflétant des constats et en suivant des recommandations analogues à ceux formulés par Kennedy (2006), les institutions responsables de l'encadrement et de la formation des professions d'ingénieurs ont partout dans le monde intégré des critères d'agrément de programmes incluant une série de « compétences professionnelles » (aussi dites *« awareness skills »*) qui doivent obligatoirement être enseignées et évaluées. Depuis 2012 au Canada, par exemple, les étudiants en génie sont donc en théorie formés et évalués en fonction de nouveaux attributs transversaux de compétence – plutôt qu'en termes de crédits thématisés (thermodynamique des fluides, mathématiques, etc.) – qui incluent les relations interpersonnelles et interculturelles, l'éthique, le travail en équipes interdisciplinaires, la communication... (BCAPG, 2012). Un vaste débat prévaut à ce jour quant à la manière d'enseigner et d'évaluer de telles compétences. Entre autres résultantes de ce débat sur le plan pédagogique, l'on accorde dans certaines écoles et facultés de génie – et notamment à Polytechnique Montréal, depuis 2005 – une valeur accrue à l'apprentissage par projets (« project-based learning »), plutôt que par sujets ou matières.

Nous l'avons vu au chapitre 1 : en dépit des difficultés que de tels objectifs d'apprentissage présentent, la vaste communauté des praticiens et chercheurs en éducation à l'ingénierie tend à prendre très au sérieux les raisonnements et recommandations – par ailleurs largement admis – dont le type s'incarne ici à travers le propos de Kennedy (2006), et qui reflètent les logiques et la rhétorique de la « cité par projet » : ce *Nouvel esprit du capitalisme*. Pleinement conscients du fait que « l'entreprise corporative n'est plus le rock sur la base duquel l'ingénieur construit sa carrière » (Williams, 2002, p. 62), les instances responsables des programmes de formation tentent de donner les moyens à leurs diplômés de faire face à un monde globalisé, où le changement technologique est rapide (en particulier celui des technologies de l'information), où les désintégrations d'entreprises sont fréquentes et où la sous-traitance des services d'ingénierie devient courante (Shuman et al., 2005).

Selon Williams (2002), cependant, les étudiants qui transitent par les écoles et les facultés de génie « ont [déjà] compris qu'ils font partie des flux de marché plutôt que de la structure corporative » (Williams, 2002, p. 64) :

> Now the corporation is more like a stream, a conduit for the flow of innovation. The individual engineer must construct a career in the midst of this stream. Engineers, now much more on their own, need to focus on staying with the flow, not with the organization. They have to be able to work with teams on an endless series of 'situations', not always with support from a company, not commonly shielded by reliable government contracts, exposed to the relentless pressures of the market, constantly having to market themselves. Engineers will always be 'organization people', but now they are more active in choosing their organizational context. For better or worse, students who go into engineering understand that their role will be shaped less by external organizations than by their own internalized drives as they engage in a continuous process of self-promotion. The identity crisis of the engineering profession arises from this institutional transformation. Engineers now depend on themselves to build their professional identity in an organizational landscape dominated by networks rather than by clearly bounded corporate units. […] Students understand better than many faculty members that this organizational

> context has redefined the meaning of engineering practice. Students pragmatically shape their educations and careers to fit current practice. (Williams, 2002, p. 63-64)

Ces dernières lignes ont été écrites vers 2002. Mais tel que nous l'avons vu au chapitre, un nombre sans cesse croissant des étudiant(e)s qui transitent par les écoles et les facultés de génie aujourd'hui n'aspirent plus à devenir des ingénieurs professionnels, au sens institutionnalisé du terme; et inversement, celles et ceux qui le deviennent (au sens « désintégré » du terme) ne passent plus nécessairement ses institutions. Vraisemblablement, tout se passe comme si la tendance ici décrite suivant la catégorie du « projet » et la métaphore du réseau s'était exacerbée, généralisée, diffractée...

2.8 Synthèse et conclusion

Le personnage contemporain de l'ingénieur dont j'ai revisité l'histoire sous l'angle de son rapport à l'entreprise porte donc en lui des traits des personnages qui l'ont précédé, ainsi que des traces de chacune des époques auxquelles ils ont appartenu, et qu'ils ont contribué à façonner. Depuis les premiers moments de l'ingénierie moderne, entre le XVIe et le XVIIIe siècle, le personnage contemporain garde en particulier le cadre et les catégories controversés du projet : ce mode d'appréhension du monde par la « forme-problème », suivant laquelle toute contrariété humaine devient un « problème à résoudre », et donc l'occasion de faire valoir le potentiel de son art (c.-à-d. celui de transformation du monde). C'est cette trace, en particulier, que nous avons tenté de suivre tout au long, puisque le concept en soi constitue le socle du cadre conceptuel ici en chantier. À la lumière de notre exploration, le rapport de l'ingénieur à l'entreprise en fut alors un de capacitation et de médiation : pour que l'entreprise d'une forteresse ennemie devienne envisageable au moyen de l'artillerie, il fallait que les contemporains développent le sentiment de pouvoir légitimement transformer (ou avoir une emprise sur) leur monde. La médiation symbolique que se

sont avérés aptes à opérer (notamment) les traités de fortification a su contribuer à l'émergence d'un tel sentiment.

Entre le XVIe et le XVIIIe siècle – nous l'avons vu –, cette *dimension de potentialité* constitutive de la « forme-problème » s'affirme, mais elle n'apparaît pas encore dans toute la pureté et la puissance qu'elle acquière par la suite, puisque l'ordre social qu'elle permet d'actualiser demeure résolument « traditionnel » : son principe de cohésion est hétéronome et sa loi – chrétienne – porte ouvertement la marque du sacré. C'est dire, en d'autres mots, qu'une *dimension de fatalité* se lie intrinsèquement et de plein droit à ce premier *mouvement dans le sens de la potentialité*, l'un et l'autre se constituant mutuellement suivant la configuration paradoxale de la « forme-problème » qui les intègre : c'est en ce sens que la prémodernité fait pleinement partie de la modernité[30] (Dupuy, 2008). *Verum et factum convertuntur*, traduirait donc Giambattista Vico (1668-1744) au tournant du XVIIIe siècle : « the true and the made are [...] convertible » (Costelloe, 2018).

> Nous démontrons les choses géométriques, parce que nous les faisons; si nous pouvions démontrer les choses physiques, nous les ferions. En Dieu seul, en effet, existent les vraies formes des choses, sur lesquelles est modelée la nature de ces mêmes choses. (Vico, 1708, p. 51)

Ainsi, suivant l'esprit du temps qu'elle contribue à transformer, la « forme-problème » qui émerge alors rompt de manière tout à fait inusitée avec l'immuabilité prémoderne, mais celle-ci la contient encore résolument. C'est en ce sens que l'on

---

[30] « Voilà la différence cruciale entre toutes qu'introduit la révélation [chrétienne] : ce qu'elle apporte et qui est censé s'imposer à l'entendement des hommes comme quelque chose qui le dépasse s'avère être en fait quelque chose qu'il peut faire sien et se rendre même, quelque chose dont il peut pénétrer le sens et éprouver la portée du dedans, par ses propres moyens. » (Marcel Gauchet (1985). *Le désenchantement du monde. Une histoire politique de la religion*, Paris : Gallimard, p. 60. Cité dans : Déry, 2009, p. 31)

peut dire que la « forme-problème » émerge tout d'abord à même la tradition, en tant que tradition elle-même, mais d'un genre nouveau : c'est à la finitude de la connaissance humaine que fait alors écho le *Verum factum* qu'elle typifie, plutôt qu'au caractère infiniment (dé-re)constructible de l'histoire, des faits, ou du réel avec lequel il et elle en viendra plus tard (de nos jours) à résonner (Dupuy, 2000, p. 28-33; Le Moigne, 2012, pp. 51-53). Cette tradition d'un genre nouveau marque donc l'avènement du « crépuscule des Dieux » (Déry, 2009, pp. 30-32), au sens où elle prépare ou rend possible ladite troncation; c'est-à-dire qu'elle permet dès lors – tel que nous l'avons conçue ici – sa propre transmutation en un paradoxe du même nom, au fondement de la pure potentialité moderne, mais qui pendant au moins deux siècles s'ignorera complètement en tant que tel.

Du personnage de l'ingénieur à l'heure de la « révolution industrielle », seconde période charnière que nous avons revisitée, le personnage à l'aube du temps présent conserve en puissance le caractère de l'inventeur, d'une part, et de l'utopie, d'autre part. Ce dernier trait paraît tout particulièrement ressurgir aujourd'hui, à travers les promesses du numérique (cf. chapitre 5). Nous l'avons vu, par l'entremise de sa passion raisonnée et de la « pédagogie des machines » à laquelle elle donne lieu, c'est l'entreprise industrielle – hautement controversée – qui se voit légitimée et intégrée en tant que nouvelle institution centrale de la modernité. À cette époque, le rapport de l'ingénieur à l'entreprise industrielle en fut donc un de potentialisation (par l'invention) et de légitimation (par l'utopie).

Du personnage de l'ingénieur à l'heure de la « révolution managériale », troisième période charnière que nous avons revisitée, le personnage à l'aube du temps présent garde surtout le caractère apolitique. Nous l'avons vu, par l'entremise de ce trait épistémologique distinctif de l'ingénieur dans l'entreprise managériale naissante, et des premières formalisations théoriques du « management technique » qu'il a sous-tendu (et qui l'on construit), l'ingénieur a été en mesure de s'instituer en tant que

médiateur des conflits entre le travail et le capital, et de contribuer centralement à la construction sociale de l'entreprise en tant que « monde organisé », en répondant temporairement au problème de l'action collective qui se posait de son temps (Déry, 2010). À cette époque, le rapport de l'ingénieur à l'entreprise managériale en fut donc tout d'abord un de construction et de médiation politique.

Au cours des années 1960, la figure de l'ingénieur intègre également une représentation du changement technologique comme entité (ou force) autonome. De par le vertige ontologique qu'une telle intégration impliquait, la technologie a acquis une symbolique plus puissante que celle de l'ingénierie : « l'ordre de commandement [s'est] inversé » (Wisnioski, 2012, p. 12). L'invisibilité relative qui caractérisait déjà partiellement la figure de l'ingénieur entre 1930 et 1950 s'en est apparemment trouvée accrue, comme pour compenser (dans une certaine mesure) le nouveau recul du professionnalisme et une proximité (ou complicité) de l'ingénieur à l'entreprise qui devenait parfois trop grande, lorsque les intérêts de cette dernière étaient perçus comme étant mal ou non alignés avec ceux de l'« l'intérêt commun ». Entre 1950 et 1970, l'ingénieur semblait donc s'être (et avoir été) construit comme le veilleur d'un changement technologique autonome, dans un rapport d'allégeance (voir de sujétion) à l'entreprise et au management de plus en plus exclusif, mais aussi d'auto-rationalisation : « plutôt que comme des citoyens responsables, les ingénieurs [ont été] refondus en tant qu'agents auxiliaires [de l'entreprise corporative] sans capacité de jugement. » (Wisnioski, 2012, p. 94)

Par ailleurs, à partir des années 1960 et à l'inverse de la crédibilité qu'avait conférée au discours des ingénieurs l'apolitisme de leur figure tout au long de la « révolution managériale », ce trait tend davantage à se heurter à l'indifférence, ou encore il contribue à en affaiblir la crédibilité. Car dans le contexte qui se met en place, « la thématique des 'dégâts du progrès' a commencé à rencontrer un écho significatif. » (Lipovetsky, 2004, p. 86) À l'un de ses extrêmes – celui contre lequel s'érige

d'ailleurs Florman (1976) –, la critique de la technologie estime qu'en n'étant plus rien que technoscientifique, la compétence et les avis des ingénieurs n'en ressortent que plus « instrumentalisables » par des intérêts militaires ou économiques que l'on perçoit comme étant partout infiltrés, et n'acquérant que plus d'influence lorsqu'on les ignore en invoquant l'objectivité d'une science d'ingénieur. La dimension « sub-politique » que Beck (2008) associe à la seconde modernité qui s'amorce alors correspond pleinement à ce renversement partiel de la science, c'est-à-dire au retournement contre elle du doute dont elle avait eu jusqu'à présent le monopole; en se retournant, le doute qui commence à peser sur la science pèse en même temps sur la technologie. Celle-ci cesse d'ailleurs au même moment d'être l'apanage de l'ingénierie et du personnage de l'ingénieur.

Mais autre chose se passe également : car ce qui se retourne contre l'ingénieur n'est pas le doute scientifique à proprement dit; plutôt, c'est *son propre principe instituant*, c'est-à-dire son facteur de distinction à lui : celui qui s'incarne dans le modèle du « problème à résoudre » tel qu'il a été conçu jusqu'à présent, en tant que forme initiale de la « forme-problème ». Suivant ce dernier retournement, c'est donc le personnage de l'ingénieur qui devient le problème en soi; alors qu'elle avait jusqu'alors été latente – c'est-à-dire que seul l'axe de la potentialité s'était affirmé –, la dimension paradoxale de la « forme-problème » surgit. C'est l'ingénieur qui est ciblé entre tous et en particulier, tel qu'en a intensément témoigné l'appel déconcerté à la reconnaissance de Florman (1994). En un sens, c'est de cet épisode que le personnage de l'ingénieur n'a pas su *se tirer* (au sens littéral de « sans appui extérieur », « bootstrapping », auquel nous reviendrons plus loin) – le paradoxe n'ayant jamais été transcendé, tel nous le verrons au chapitre 3 –, puisque c'est le même appel que les institutions de l'ingénierie reconduisent diversement aujourd'hui, à travers leurs aspirations à exister en tant que communauté globale (cf. chapitre 1).

En d'autres mots encore, c'est dire que l'axe de la potentialité a alors cessé d'être incarné, détenu ou maîtrisé surtout (ou même uniquement) par un groupe d'acteurs dominants dont les ingénieurs avaient fait partie. À partir de là, les axes de la potentialité se sont multipliés et ont commencé à évoluer en parallèle, de sorte que plusieurs manières concurrentes de problématiser ont commencé à naître, à devenir socialement visibles, et à évoluer en même temps. L'objet « controverse sociotechnique » au fondement de la « théorie de l'acteur-réseau » – aussi dite « sociologie de la traduction », ou en anglais (moyennant une radicalisation du social) « social construction of technology » – naîtra d'ailleurs dans cette foulée en prenant acte (en un sens) de la multiplication des axes de la potentialité. C'est au tournant des années 1980 que se met tout d'abord en place le programme de recherche dit de la « sociologie de la technologie » (Pinch et Bijker, 1987), duquel émerge le concept de « controverse socio-technique ». Sur la base notable des travaux de M. Akrich, M. Callon et B. Latour, le programme naissant se taille une place au sein du plus large champ des « technology studies », en y opérant un important virage sur le plan épistémologique : alors que la pensée alors dominante en sociologie tend à séparer technique et social, micro et macro-analyse, action et structure… ces travaux proposent un regard nouveau – socio-constructiviste – sur les phénomènes. C'est à l'occasion de ce virage que naît le concept hybride et hybridant de « controverse socio-technique », en résonnance avec l'esprit postmoderne. En 1981, dans un article intitulé *Pour une sociologie des controverses technologiques*, M. Callon introduit formellement le concept de « controverse socio-technique ». Il le fait en l'opposant à celui de « controverses technologiques », alors plus largement utilisé pour indiquer ces situations conflictuelles et complexes qui émergent parfois autour de projets d'innovation ou de changements technologiques. Pour M. Callon :

> Une controverse ne devient vraiment technique qu'en bout de course, lorsque les rapports de forces ont été stabilisés et que sont connus les noms des vainqueurs possibles. En revanche dans les moments initiaux, ces controverses sont socio-techniques car un des principaux enjeux est

> de délimiter la sphère de la technique et les enchaînements qui lui sont imputables. (M. Callon, 1981, p. 146)

Ainsi, ce n'est que très tard, à l'issue des débats, qu'en viennent à se sédimenter certains objets que l'on peut désormais proprement qualifier de « techniques » ou « technologiques » (Callon, M., 1981, p. 146). C'est cette dernière idée qui rompt avec la pensée alors dominante en sociologie des sciences dans la mesure où, lorsqu'ils observent et expliquent les controverses, les sociologues « classiques » tendent « à mutiler le social, en extirpant sa composante technique pour lui réserver un traitement non sociologique » (Callon, 1981, p. 146). Pour ces derniers, il paraît alors impensable que le fruit des sciences « pures » – des faits et des certitudes scientifiques – puisse être socialement négocié. En rompant avec cette conception dominante, « les [nouveaux] sociologues ont montré que rien [dans la controverse] n'échappait à la négociation depuis l'interprétation des résultats jusqu'à la reproduction des expériences en passant par l'administration de la preuve. » (Callon, 1981, p. 135) C'est à ce moment que l'étude de la science « en train de se faire » (par opposition à celle de la science faite) prend son envol, et avec elle la « sociologie de la traduction » (ou « théorie de l'acteur-réseau »), pour laquelle la « controverse socio-technique » constitue l'objet de recherche privilégié (Callon, 1981, p. 137).

Autrement dit, ce sont là des problématisations concurrentes (ou axes de la potentialité) qui évoluent désormais en parallèle – dirons-nous, en reprenant plus bas la Figure 2.1 présentée à la section 2.3. Ils évoluent en parallèle, plutôt qu'en dialogue, car à ce moment-là, c'est encore assez purement les rapports de force en présence qui déterminent l'issue du combat, ou de la controverse : la nouveauté dans la « forme-problème » réside donc dans l'affirmation et la montée en visibilité des postures concurrentes par rapport à celles de la technoscience. De sorte que c'est pleinement le monde postmoderne qui s'incarne ici, à travers le programme de recherche des nouveaux sociologues de la technologie, par le biais d'une « forme-

problème » qui n'est plus surtout le propre du personnage de l'ingénieur : à travers elle, s'affirment non seulement le Sujet et sa Raison modernes, mais aussi le Rhéteur narcissique et son Discours, concurrents sérieux aux discours technoscientifiques jusqu'alors triomphant; à travers elle, donc, à bas la vérité unique de la science, et place à un nihilisme exacerbé, non plus théorique, mais pleinement socialisé (Déry, 2009, pp. 69-84).

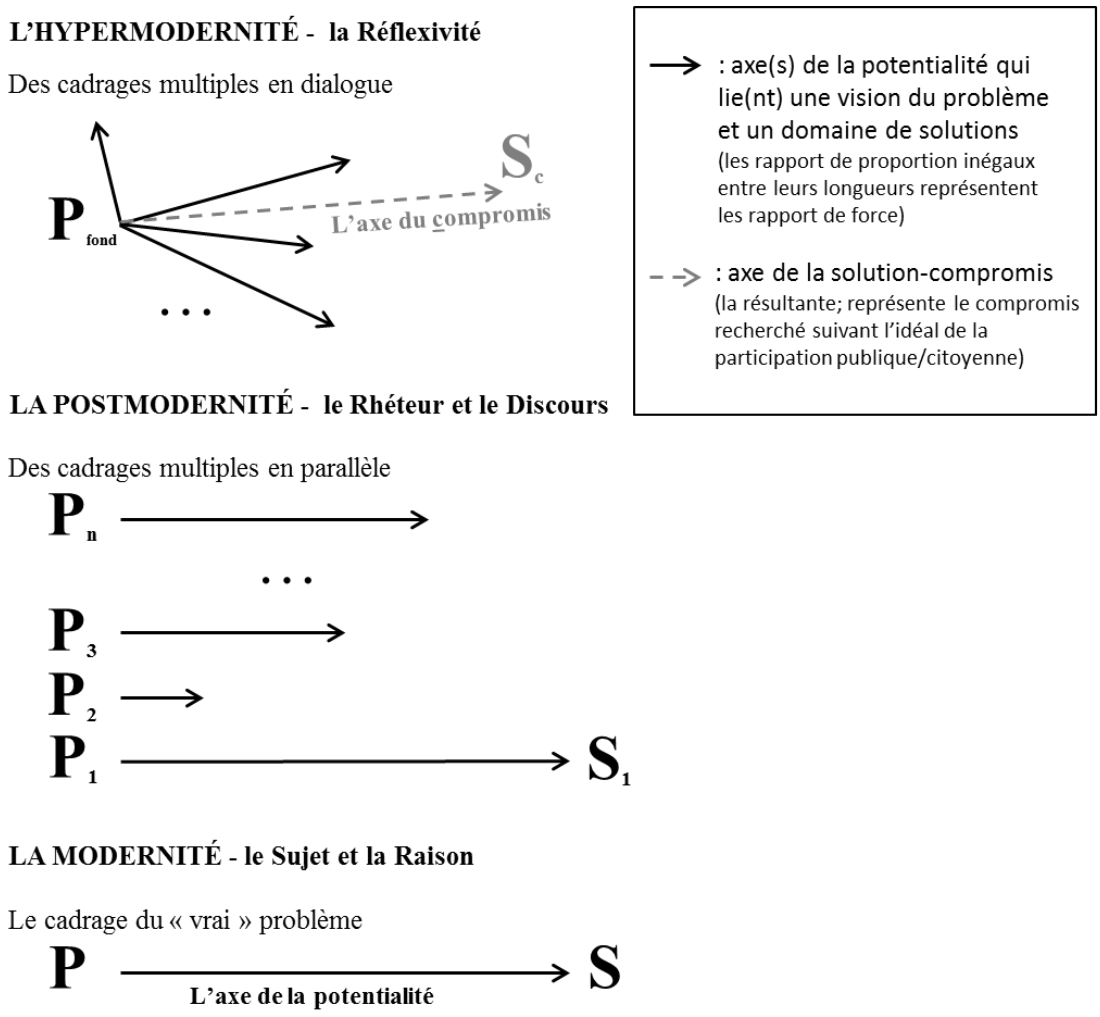

Figure 2.2 : La potentialité en fonction des formes de la modernité (Figure 2.1, prise 2)

La forme-problème qui se profile ensuite dans le monde hypermoderne s'incarnerait donc à travers la mise en dialogue de *problématisations concurrentes* que des techniques plus ou moins dialogiques d'animation de groupes plus ou moins étendus viseraient à (et permettraient de) faire converger : de là, la résonance toute particulière de l'*ingénierie concourante* en tant que symbole d'une gestion de projet sophistiquée, qui concentre pleinement la « forme-problème » dans l'axe de la pure potentialité, laquelle est désormais démocratique, co-construite, créative... Le personnage de l'ingénieur y a sa place, mais elle ne lui autorise plus aucun argument d'autorité, même qu'elle dilue en quelque sorte sa propre « forme-problème » parmi une multitude d'autres qui lui ressemblent plus ou moins, et qui la critique même, en ayant toutes désormais une importance équivalente à la sienne au sein (par exemple) des nouveaux processus de conception intégrée.

Au-delà de la gestion de projet en entreprise-réseau, la « forme-problème » hypermoderne s'incarnera donc sous différents noms suivants les domaines, comme ceux de l'inter- ou de la transdisciplinarité (aussi dite recherche « conjointe », « participante », etc.), dont la veine dominante recoupe le mouvement de la « convergence » (Klein, 2014); de la résolution de problème complexe, en ingénierie (tel que nous le verrons au chapitre 3); ou encore de la participation publique et citoyenne dans la ville numérique (tel que nous le verrons au chapitre 5). Comme avec l'ingénierie concourante, le principe de départ y sera à chaque fois celui du nivellement des rapports de force en présence, en vue de la co-construction du sens par la mise en dialogue de continuums « problème-solution » désormais nombreux; c'est-à-dire en vue de la construction d'un compromis. L'idéal à atteindre prendra ici la forme du compromis, puisque la solution à découvrir et à actualiser ensemble ne sera en théorie jamais celle que préconisait l'un ou l'autre des acteurs en présence – peu importe son influence –, mais bien la résultante inusitée et surprenante du processus dialogique à construire en contexte, mais aussi à animer, à comprendre, à

théoriser comme une possible méthode dialogique... bref, à mettre en « forme-problème ».

Le Tableau 2.4 (qui suit) résume l'ensemble de la démarche parcourue au fil de ce chapitre. Tel que cela a été fait au sortir de chacun des moments historiques revisités, une ligne de synthèse s'ajoute au portrait : un monde hypermoderne se décline suivant l'axe de la potentialité, qui présente des différences marquées par rapport aux mondes précédents. Une *forme-problème* s'en dégage, qui reflète le fait des cadrages multiples de problèmes que l'on souhaite de nos jours voir émerger, et entrer en dialogue sur le fond de rapports de forces (en principe) nivelés.

À cette dernière version du tableau de synthèse, deux nouvelles colonnes s'ajoutent cependant, lesquelles permettent de mieux percevoir le mouvement que nous cherchions à modéliser (voir la Figure 2.3) : à savoir, le mouvement de la pure potentialité, ou de « l'importation à l'intérieur de la société de ce lieu-source de ses significations. » (Dumouchel et Dupuy, 1983, p. 21) En ce sens, la première colonne ajoutée au tableau – intitulée *Nouvelle(s) figure(s) de la potentialité* – permet de mettre en relation les nouveaux porteurs de la *forme-problème* (propres à chacun des moments explorés) avec l'invisibilité croissante du personnage de l'ingénieur. Dans la mesure où la « forme-problème » peut effectivement être conçue comme le principe instituant de l'ingénierie moderne – tel que je le conçois ici –, c'est en tant que double du personnage de l'ingénieur que ces nouvelles figures se dégagent donc à chaque fois, en ouvrant ce faisant elles aussi un espace inusité – et sans cesse moins aisément perceptible en tant que tel – de la technique : soit une nouvelle aire de pure potentialité en correspondance avec la mise en *forme-problème* qu'ils opèrent des grands enjeux de leur temps.

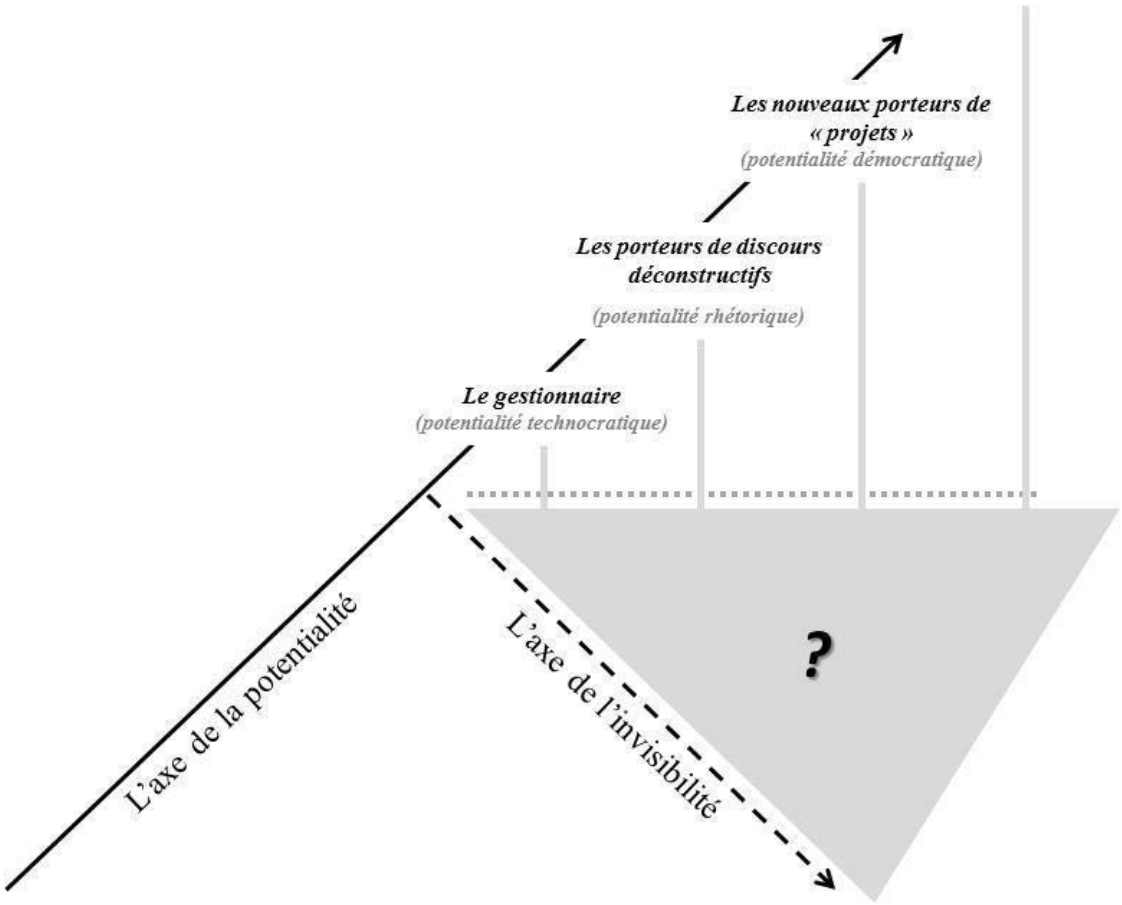

Figure 2.3 : L'invisibilité du personnage de l'ingénieur en tant que miroir de la pure potentialité contemporaine

Jusqu'à la révolution managériale (inclusivement), ces *Nouvelle(s) figure(s) de la potentialité* correspondent assez clairement à l'un des personnages de l'ingénieur que l'histoire a permis de caractériser. Mais par la suite, alors que le mouvement de la potentialité se poursuit et que la « forme-problème » continue de se sophistiquer par les dédoublements successifs de ses formes constitutives, un découplage s'effectue : l'axe de la potentialité se double d'un *axe d'invisibilité*, ou encore d'un *processus d'invisibilisation*; « the myth of [potentiality] alone depend[ing], like all myths, on a

careful obscuring of conditionals »[31] (Mitcham, 2019, p. vi), le personnage institutionnel de l'ingénieur n'est plus celui duquel relève la potentialité propre au monde moderne qui naît alors, et que l'on nommera plus tard : postmodernité. La trame changeante de ses rapports à l'entreprise permet d'ailleurs de le constater. Similairement, la dernière colonne ajoutée à l'extrême droite du tableau, et intitulée *Connotation de la potentialité*, rend compte de la diffusion de la potentialité « de la physique à la politique » (Dumouchel et Dupuy, 1983).

Ce qu'il importe donc de retenir avant de passer au chapitre 3, c'est l'idée générale que l'invisibilité du personnage de l'ingénieur peut être conçue – tel que je le propose ici – comme le miroir de la potentialité : ce qui s'invisibilise à travers lui, c'est le fondement paradoxal de la relation que nous entretenons collectivement à la pure potentialité, c'est-à-dire non seulement à la science et aux technologies, mais aussi au politique et à la démocratie en tant qu'espaces inusités et largement non-assumés de la technique. Ce qui se passe aujourd'hui *à travers* l'ingénierie offre en ce sens une fenêtre privilégiée non seulement pour penser, mais aussi pour observer « l'importation [sans cesse répétée, renouvelée, transformée et plus subtile] à l'intérieur de la société du lieu-source de ses significations » (Dumouchel et Dupuy, 1983, p. 21); c'est-à-dire pour penser et observer ce que Beck (2008) insinue dans *La société du risque* comme le processus de troncation initiale de la tradition, mais qui se

---

[31] L'extrait est tiré de la préface d'un récent ouvrage collectif intitulé : *The Engineering-Business Nexus: Symbiosis, Tension and Co-Evolution*, laquelle préface a été rédigée par Carl Mitcham. Dans sa version originale, le texte pose le capitalisme (plutôt que la potentialité) en tant que mythe dont l'institution fut dépendante d'une invisibilisation de l'ingénierie. Il écrit en ce sens : « The reality, however, is that capitalism would not have been able to pull off this unprecedented multiplication in human wealth had it not been for engineering. *The myth of capitalism alors depends, like all myths, on a careful obscuring of conditionals.* Smith's "invisible hand" that leads bakers to provide bread for others would have remained quite limited to those with whom they had personal relationships had the baker not been able to capture, if not enslave, the engineering mentality." (Mitcham, 2019, p. vi, accent ajouté)

rejoue sans cesse par en dessous (ou dans l'invisible) des processus d'une modernisation réflexive qui remet à sa façon (et sans cesse plus diversement) le Sujet et sa Raison au cœur de la construction du sens dans le temps présent. C'est ce mouvement et ce paradoxe qui nous intéresse ici, et que la « forme-problème » permet de modéliser. Nous en avons ici identifié et mis en mouvement le premier terme : soit celui de la pure potentialité, qui à ce jour correspond à la catégorie commune du « problème à résoudre ».

Voyons maintenant en quoi ce qui se passe aujourd'hui *à travers* l'ingénierie – suivant l'axe de son invisibilité – offre aussi une fenêtre privilégiée sur le second terme du paradoxe de la « forme-problème » : soit sur sa dimension de pure fatalité.

Tableau 2.4 : L'axe de la potentialité et sa trace dans le monde hypermoderne

		L'axe de la potentialité : les traceurs					
La forme-modernité	**L'histoire revisitée**	**L'idée d'entreprise**	**Ce qui est entrepris (ou mis en *forme-problème*) par le personnage de l'ing.**	**Le rapport de l'ing. à l'entreprise**	**Nouvelle(s) figure(s) de la potentialité**	**La forme-problème dégagée**	**Connota-tion de la potentialité**
Le monde traditionnel	La naissance de l'ing. Moderne entre le XVIe et le XVIIIe siècle (France, Italie)	Militaire; civile	La tension raison vs fougue, l'ici-bas : en vue de réaliser les fins prédonnées (loi royale, loi divine) La tension occasion économique vs moyen politique, la production : intégrer les contraires dans le projet technique	Ontologique : de capacitation et de médiation (symbolique)	Le personnage de l'ing.	*Le modèle du problème à résoudre*	*Industrielle*

		L'axe de la potentialité : les traceurs					
La forme-modernité	**L'histoire revisitée**	**L'idée d'entreprise**	**Ce qui est entrepris (ou mis en *forme-problème*) par le personnage de l'ing.**	**Le rapport de l'ing. à l'entreprise**	**Nouvelle(s) figure(s) de la potentialité**	**La forme-problème dégagée**	**Connota-tion de la potentialité**
Le monde moderne	La révolution industrielle au XVIIe et XVIIIe siècles (Angleterre)	Industrielle	La tension capital vs travail, la production (la nature) : décupler son potentiel en vue d'accroître les profits L'intérêt privé vs l'« intérêt commun », la société : intégrer le politique et le technologique dans l'utopie	Utopique : de potentialisation et de légitimation	L'ing. utopiste	*Le « vrai » problème suivant la science économique*	*Techno-scientifique*
	La révolution managériale : 1880-1920 (États-Unis)	Managériale	La tension capital vs travail, l'organisation (le « facteur humain ») : la systématiser, la standardiser, la huiler en vue de répondre à l'accroissement des moyens de production La tension sous-jacente entre le statut d'ing. professionnel vs celui d'employé	Apolitique : de construction et de médiation (politique)	L'ing. gestionnaire	*Le « vrai » problème suivant le managemen t scientifique*	*Technocrati-que*
Le monde postmoderne	La fin de l'« âge d'or » de l'ingénierie : les années 1960 (États-Unis)	Managériale	La tension société historique vs société technologique, le changement technologique : le suivre, le susciter, le créer, le préparer, l'accompagner... La tension sous-jacente entre le statut d'ing. professionnel vs celui d'employé	Subpolitique : d'allégeance et d'auto-rationalisation	Le gestionnaire (en particulier) et les porteurs de discours déconstructifs (en général)	*Des cadrages multiples en parallèles*	*Rhétorique*

		L'axe de la potentialité : les traceurs					
La forme-modernité	**L'histoire revisitée**	**L'idée d'entreprise**	**Ce qui est entrepris (ou mis en *forme-problème*) par le personnage de l'ing.**	**Le rapport de l'ing. à l'entreprise**	**Nouvelle(s) figure(s) de la potentialité**	**La forme-problème dégagée**	**Connota-tion de la potentialité**
Le monde hypermodern e	Le temps du « projet » : soit l'*invisible centralité* (cf. chapitre 1) sur le fond d'un *Nouvel esprit du capitalisme*	En réseau	La tension échelle nationale (institution) vs échelle globale (réseau/projet), une re-symbolisation, les grands enjeux du temps présents : la re-symbolisation s'effectue via la confrontation des grands enjeux; « meaning is sought through scale »	Ontologique : de dilution, de dénationalisa-tion, d'« expansion désintégrative »	Les porteurs de projets (au sens large)	*Des cadrages multiples en dialogue*	*Démocrati-que*

CHAPITRE III : ARTICLE 2

LE RAPPORT DE L'INGÉNIEUR À LA TECHNOLOGIE : RENCONTRE AVEC LA FATALITÉ

Définitions de ***réchapper***, verbe

- TRANSITIF INDIRECT

- *Réchapper à* ou *de* : échapper par chance à un grand péril. Toute sa famille a réchappé de ce séisme.
- *Réchapper de* : SOUTENU - Si je réchappe de cette guerre, je ne tairai pas les atrocités dont j'ai été témoin.
- *En réchapper* : s'en tirer. Nous en réchapperons.

Dictionnaires – Antidote

Les hommes ont inventé le destin, afin de lui attribuer les désordres de l'univers, qu'ils ont pour devoir de gouverner.[32]

Romain Rolland, 1914

---

[32] Rolland, R. (2014). *Au-Dessus de la Mêlée*, p. 12.

Le paradoxe de la « forme-problème » n'est pas n'importe quel paradoxe : il correspond à ce qu'Yves Barel (1989) appelle le « paradoxe fondamental », en le représentant (avec d'autres) comme le « paradoxe de l'auto » (voir par ex. Dumouchel et Dupuy, 1983) : c'est le paradoxe de l'auto-organisation du social, en gros, par lequel la possibilité de l'impossible devient *la* caractéristique première de la modernité, soit ce que j'ai ici nommé la pure potentialité et son contraire, inadmissible et auquel on ne croit plus, mais qui n'en demeure pas moins constitutif : la pure fatalité. Dans le cadre de cette thèse, j'ai surtout abordé ce paradoxe à partir de *La société du risque* d'Ulrich Beck, qui y renvoie via son trait d'autoréférentialité. Mais ici, nous le ferons tout d'abord (dans la première partie de l'article) par le biais des discours d'une communauté de réformateurs et de critiques des programmes de formation en ingénierie.

À travers ces discours – pour la plupart des publications académiques –, c'est l'axe de l'invisibilité et de la fatalité qui en vient à être suivi et parcouru, au sens où nous l'avons entendu à la fin du chapitre 2 : le constat de l'invisibilité transparaît, et l'on s'affaire diversement à en inverser le cours; à *se tirer* d'un sable mouvant, pourrait-on dire, sans toutefois bénéficier d'un point d'appui externe pour pouvoir le faire. Car ce que ces discours ont en commun, c'est d'avoir fait référence formelle à *Retooling*, et donc de s'être trouvés devant une mise en récit du paradoxe de l'« expansion désintégrative » de l'ingénierie (cf. chapitre 1); c'est-à-dire ici, devant un blocage du sens, ou devant la fatalité de la perte, par la profession d'ingénieur, de son extériorité institutionnelle. Nous l'avons vu : l'image de l'expansion et de l'effacement simultanés des frontières institutionnelles du génie est celle que Williams (2002) mobilise le plus souvent. À partir de là, je prends un raccourci en présumant que, pour chacun des proposants de ces discours, le paradoxe devrait être devenu saillant suivant la lecture de l'ouvrage – s'il ne l'était pas déjà auparavant – en suscitant ce

faisant une réaction dont la teneur éclairera la question qui nous intéresse ici : à savoir, celle du rapport d'un collectif – celui des *Engineering Studies*, suivant celui des professions d'ingénieur – à sa propre fin inévitable et à sa capacité de la prendre en compte dans sa vision de l'avenir.

Ainsi, c'est en un sens le *processus* du sacré en modernité qui se trouve investigué, par opposition à son *fait* ou « sa marque » (pour le dire comme Dupuy, 2008), dont on ne doute plus aujourd'hui. Par rapport au fait du sacré – qui est l'État, l'économie, la science, la technologie... (Dumouchel et Dupuy, 1983; Dupuy, 2009) –, son processus serait actif et toujours mouvant : son modèle, en correspondance, aurait donc à traduire les flux et blocages du sens par-delà l'axe de la potentialité; c'est-à-dire lorsque le courant n'y passe plus et que le sens doit momentanément trouver un au-delà pour se remettre à circuler. Dans ce qui a précédé, les expressions « *importation* du lieu-source à l'intérieur de la société » ou « *troncation* de la tradition » ont été évoquées, mais surtout en référence au moment passé d'une rupture ayant marqué l'entrée en modernité. Différemment, la proposition qui est faite ici, par le biais de cet article, est que cette « importation » ou « troncation » (peu importe comment on l'appelle) constitue la « mécanique » qui s'effectue à nouveau, au sein des communautés de pratique et de recherche que concentrent les champs des *Engineering Studies* et de la *Engineering Education Research* (EER) : à travers cette « mécanique », un sens se remet à circuler à même (ou à partir de) la fatalité, laquelle se voit soit niée ou nuancée, contournée ou refusée... Sitôt disparue, une autre extériorité est en somme créée, sans que la fatalité – dite post-engineering ici – pourtant inscrite « objectivement » dans le temps et l'espace des institutions ne prenne réellement d'importance ou ne soit considérée vraiment sérieusement.

Ainsi, bien qu'il ne s'agisse pas d'un effondrement des lois de la Cité – que Rousseau aurait aimé voir prendre la même extériorité que les lois de la nature (Dupuy 2009) – ni de l'effondrement de la science devant l'exigence urgente de connaissances que

semble induire l'état actuel de la crise environnementale (cf. chapitre 4), l'impossibilité d'admettre quelconque forme de la fatalité à l'échelle du collectif des professions d'ingénieur ou des *Engineering Studies* est frappante. La catastrophe est à l'échelle d'une profession qui se décline diversement à travers le monde, et à l'origine de l'érection des nations modernes; une profession importante, donc, mais dont le drame aurait tout aussi bien pu être compris via *Le système des professions* d'Andrew Abbott (1988), tel que le propose d'ailleurs Downey (2005). Dans le cadre de cette thèse, cependant, c'eut alors été la négation du paradoxe radical en cause, ou la relégation de l'invisible social que permet de retracer la « crise identitaire » des professions d'ingénieur.

Ainsi, si le sens circule ou qu'il se bloque face au paradoxe « de l'auto », comment l'expliquer par-delà le *fait* du sacré en modernité? C'est-à-dire comment l'expliquer par le biais d'un processus, c'est-à-dire d'une dynamique (troncation, importation)? Plutôt que dans une « architecture » de la modernité (Déry, 2009), le fondement ontologique des sociétés modernes ne s'incarnerait-il pas mieux dans une métaphore qui permette le mouvement? Et dans la mesure où c'est un *mouvement* d'importation qu'il faut effectivement penser – tel que le suggérait en 1983 Paul Dumouchel et Jean-Pierre Dupuy –, ne faut-il pas penser « mise en forme », plutôt que « forme » tout court? La « forme-problème » n'est-elle pas en somme cette « mécanique » apte à recréer sans cesse et incognito le fait d'une autre extériorité, neuve, sitôt la première perdue ou disparue?

Dans la seconde partie de l'article, c'est cette dernière dimension plus abstraite de la « forme-problème » qui est creusée. À son issue, tous les éléments auront été réunis pour que le modèle du paradoxe de la « forme-problème » puisse être schématisé.

ARTICLE TITLE

Retooling as a ‘non-event’ (part 2): the unacknowledged paradoxical dimension of engineering

ARTICLE STATUS

To be submitted to *Engineering Studies* (after initial email exchanges with editors)

ABSTRACT

As a sequel to *Retooling as a ‘non-event’ (part 1): Engineering Professions Seeking New Meaning through Scale*, this article further inquires into the debate on the future of engineering education, and more particularly into the possibility whereby (in Carl Mitcham's words) ‘the age of engineering may be coming to close.’ As indeed argued in part 1, *Retooling* may be conceived as a ‘non-event’: that is, as a propositional object which has remained partly and peculiarly invisible upon its own predicated discussion backdrop. As it follows, it may well be that the book’s ontological significance has been diminished through its very own success within the engineering education literature and community. Taking this last possibility as its point of departure, the first part of this article empirically inquires into why and how this might have occurred. It does so by delving deeply into *Retooling*’s citing work over the past fifteen years. As an outcome, it shows how the paradoxical dimension of engineering repeatedly is collapsed into a problem and thereby ignored. In the second part of the article, we follow up on the first part by revisiting some of *Retooling*’s theoretical grounds in order to tap into their potential for sketching the contours of a new research agenda within engineering studies, which would bring to the fore and fully acknowledge the paradoxical dimension of contemporary engineering. We thereby hope to spur discussion on the relevance of developing a paradoxical lens in order to inquire into the meaning of what might tentatively be called: post-engineering studies, and post-engineering education.

KEY WORDS

paradox, the problem-form, Retooling, engineering education, normative holism, ontology

3.1 Introduction

As argued in part 1, *Retooling* remains as the most frontal attempt at elucidating engineering's contemporary paradox. Although this has been (and still is) only scarcely discussed, we have shown how R. Williams confronts the rising possibility of engineering's ontological demise amid a time of ever more ubiquitous 'technology' and inescapable 'technological change', while at the same time beginning to explore what such a paradox might portend for the future of engineering education. The first part of this article began to mend the situation by conceiving of *Retooling* as an initial inquiry into engineering's changing claim, mode and scale of existence *as-a-whole*, but also, and correspondingly, into the potential societal implications of an ever more vacuous use of the words 'engineering' and 'engineer'. By depicting the broad discussion-scape against which *Retooling* may be conceived as a 'non-event', it mainly argued that *Retooling* can (and indeed should) be interpreted more broadly – following Carl Mitcham's 2009 intuition – as an inquiry into the phenomenon of 'post-engineering' (Mitcham, 2009, pp. 48-51) and the possibility whereby 'the age of engineering may be coming to close.' (Mitcham, 2009, p. 48)

What this discussion enlightened was that 'the potential tragedy here is not that of engineering, but that of the larger world.' (Williams, 2002, pos. 906) 'The lifeworld', or rather our relation to it, is ultimately what needs to be 'retooled', as opposed to 'engineering' itself as a profession. Even for engineers:

> The sense of living in a crowded lifeworld becomes a more general sense of technological inevitability, in the experiential (if not logical) sense of feeling that 'technology' is what determines conditions of your life and also of the larger life of society. Technology is the future Technology is history. Technology is the human destiny. How can we reclaim the lifeworld when its distortions result from forces that seem ghostly, even

> supernatural, and hauntingly elusive? How can we retool it? (Williams, 2002, pos. 1729-1750)

Such is the backdrop of 'epochal transformation' against which *Retooling* appeared under its most eventful light. So as now should appear more clearly, *Retooling*'s uneventfulness does not imply that *Retooling*'s publication went unseen over the last fifteen years, or that its propositions were received as insignificant by the broad engineering education community – quite the contrary. Rather, construing of it as such opened the possibility to inquire into the details of how *Retooling*'s ontological depth may have gotten deemphasized, which is what this article proposes to do first: i.e. how has *Retooling* been cited up until now? How might its success within EER have ended up diminishing its ontological value and significance, rather than the opposite? Or more positively stated: how might *Retooling*'s most valuable and significant insights facing today's 'epochal transformation' be more fully captured, brought to the fore and built upon in the future, within engineering studies?

In the article's second part, these questions are further explored based on the premise that *Retooling*'s main argument only become unambiguous inasmuch as its theoretical constructs are understood in light of the Zeitgeist thinkers – Ulrich Beck, Anthony Giddens, Edmund Husserl, Martin Heidegger, Hannah Arendt… – whose conceptual framework it is rested upon. As we will see next, a vast majority of *Retooling*'s citing authors within engineering education have indeed conspicuously tended to interpret its content selectively and in isolation – as if the narrative confined to debates internal to the engineering (education) community, the American engineering profession, or even the MIT. In other words, citing authors have tended to select out the fact that *Retooling* construes of engineering education as bound to disintegrate within higher education – to which, incidentally, it also significantly

caters[33]. In the second part of this article, we follow Williams' (2002) lead so as to revisit and deepen our understanding of engineering's paradoxical dimension. We do so by reverting back to Ulrich Beck's *Risk Society* and Martin Heidegger's *The Question concerning technology*, both of which *Retooling* centrally draws upon.

3.2 Citing *Retooling*

In order to empirically address such questions, *Retooling*'s citing works were gathered, selected and analysed following basic principles of qualitative research and narrative literature review (Patton, 2008; Borrego et al., 2014). Both Scopus and Google Scholar were queried for publications released over a fifteen year period: i.e. from 2002 to 2017. This initial query returned 143 publications of the broad academic type (i.e. excluding grey literature), which formally listed *Retooling* as one of their bibliographic references. From this amount, almost three quarters of publications were peer-reviewed journal articles (55) or book chapters (46), whereas the remaining quarter came as conference proceedings (30). Just under a tenth of the retrieved inventory (12) came as books or dissertations. Tableau 3.1 summarizes these results.

---

[33] Shortly after *Retooling*'s publication (in January 2003), R. Williams published a condensed version of her book in *The Chronicle of Higher Education*, illustratively entitled: *Education for the Profession Formerly Known as Engineering*. (Available online at: < https://www.chronicle.com/article/Education-for-the-Profession/11295 > In addition to strong hints already provided in the book itself, the chosen title indicates how central this particular idea is to the main thesis, as well as it reasserts – in relation to the particular publication selected for her article – how *Retooling* caters as much to engineering education's institutional agents, as to those of higher education (here mainly construed as liberal arts education). To R. Williams, engineering (education) *not only should* conceive of itself as an inspiration and building block for a new kind of general technological education to be built (namely) within higher education; *it is bound to* such a convergence and disintegration, whether it accepts it or not; hence the oft-misinterpreted phrase: 'The convergence of technological and liberal art education is a deep, long-term, and irreversible trend.' (Williams, 2002, pos. 862)

Tableau 3.1 Overview of results

General overview					
	Total retrieved		Scopus cf. Google Scholar		Total
	Google Scholar	Scopus	Non-duplicates	Duplicates	----
Journal articles	53	39	2	36	55
Book chapters	36	13	10	3	46
Books	1	6	6	0	7
Masters or PhD theses	5	0	0	0	5
Conference proceedings	2	28	28	0	30
Total publications	97	86	46	39	143

	% Total retrieved		% Scopus cf. Google Scholar		% Total
	Google Scholar	Scopus	Non-duplicates	Duplicates	----
Journal articles	55%	45%	4%	92%	38%
Book chapters	37%	15%	22%	8%	32%
Books	1%	7%	13%	0%	5%
Masters or PhD theses	5%	0%	0%	0%	3%
Conference proceedings	2%	33%	61%	0%	21%
	100%	100%	100%	100%	100%

The entire inventory was surveyed for relevance and sorted, yet the main analytical corpus was selected out of the fifty-five peer-reviewed journal articles published across thirty-seven different journals: that is, only they were thoroughly scrutinized so as to generally find out *why* (for what purpose) they cited *Retooling*. Out of this first analysis, three publication clusters emerged, two of which more clearly pointed to grand debates. The first of these debates clustered twenty-six articles pertaining to what might broadly be termed (following Anders Buch) ‘the future of engineering

[education],' (Buch, 2012, p. 169) whereas the second cluster of eight articles broadly inquires into to the determinants of social change and technological determinism[34]. The remaining twenty-two articles did not closely relate to either one of these debates, and yet, did not clearly present an additional clustering trend of their own. As our final analytical corpus, we therefore kept the twenty-six peer-reviewed articles specifically pertaining to the debate on the future of engineering (education). Such a 'sample' was thus selected *purposefully* so as to gather 'information-rich cases […] from which one can learn a great deal about issues of central importance to the purpose of the inquiry.' (Patton, 2003, p. 230) More specifically, our strategy has been to look for the central trends that bind the corpus together – that is, beyond the minimal selection criteria of listing *Retooling* within references – by cutting across a great deal of heterogeneity, based on the premise that: 'Any common patterns that emerge from great variation are of particular interest and value in capturing the core experiences and central, shared dimensions of a setting or phenomenon' (Patton, 2003, p. 235): namely, the ongoing debate about the future *in-and-of* engineering (education).

Drawing on these twenty-six pieces, we therefore centrally sought to find out *how Retooling* was understood and used by citing authors? More specifically, this has meant looking into three things:

1. The qualitative weight or importance of *Retooling* within each text (i.e. beyond strict citation and reference counts): i.e. is the reference rather *Central*,

[34] These eight articles are: Dafoe, 2015; Rossiter, 2015; Hamilton, 2014; Söderberg, 2014; Fernandez, 2006; Ceruzzi, 2005; Slack, 2005; Brown et al. 2009. This last article bridges the two debates, and was as such included in the main analytical corpus of twenty-six.

merely *Useful*, or *Marginal* with respect to the argument mainly defended by citing authors?

2. The way *Retooling* was treated/used by citing author(s): i.e. did citing authors refer to R. Williams' main thesis or rather to a secondary/supporting argument? And if *Retooling*'s main thesis was referred to, how was it overall interpreted as compared to the way we have construed it so far (*Congruously, Clashingly, Creatively, Evasively,* etc.)?
3. The general rhetorical processes whereby authors referred to and built upon *Retooling*: i.e. what kind of statement is used by citing authors as their point of departure: i.e. what are they problematizing and how does it relate to the paradox of 'expansive disintegration'? Is the latter somehow collapsed into a problem? And if so, how?

Detailed results have been compiled in a table that may be accessed online at: < … >.

In order to more immediately support our argument, however, this last table has been further distilled into three smaller ones, each of which ultimately epitomizes a particular way of collapsing (or reducing) the *paradox* that *Retooling* reveals into a *problem* amenable to a specific solution domain. In what follows, these three collapsing processes are discussed. Overall, two distinct types of collapsing processes emerged out of analysis, which we very schematically propose to call: the reformers' motion and the critics' motion.

For sake of illustration, one may on first approach consider that the field of EER generally builds and reflects a reformer's posture of inquiry, whereas the scholarly field of engineering studies generally builds and reflects a critical posture. Yet as TablesTable A.1, Table B.1 and Table C.1 illustrate (in Appendices), such a dichotomy may also be misleading, as it does not pay heed to how we understand the reformers' and critics' motions or, for that matter, how authors themselves conceive

of their work. Much circulation and overlap occurs between the two. Incidentally, our own categories of ‘reformers’ and ‘critics’ are proposed in spite of distinctions recently made between the ‘reform’ and ‘research’ paradigms within EER – the latter of which has allegedly substituted the first (e.g. Gabriele, 2005; Borrego et al. 2008). As we understand it here, the term ‘reformer’ transcends the teaching-research divide (or reform-research divide) in engineering education and locates the tension elsewhere, along a criticality scale (one might say) which positions arguments by their distance with respect to *Retooling*’s main thesis, which somehow translates into more or less ‘scalability’, one could say, in line with G. L. Downey. In so doing, we therefore chose to emphasize the more or less radical character of changes promoted by contributing scholars. We acknowledge that the two fields highly intersect one another under critical themes such as social justice and inclusion, power, culture, or identity. Perhaps most fundamentally, they both centrally work and advocate for more frequent adoption of research outcomes as innovations *within* dominant engineering practice and institutional arrangements. As such, engineering studies and EER can hardly be separated and opposed. Based on epistemological and methodological considerations, however, their separation and opposition seem tenable: i.e. over the past decade or so, as the matter of establishing rigor within EER increasingly came under debate, their respective epistemological projects and lines of inquiry have emerged and been asserted in distinct ways. See for ex.: Streveler and Smith, 2006; Beddoes, 2014; Downey, 2014; Riley, 2017.

3.2.1 The reformers’ motion

Through the reformers’ motion, the essentialness of engineering as a profession is somehow asserted, taken for granted or even strategically conceded such that the idea of bringing back (or contributing to) a strong sense of identity among engineers is at least partly supported. At the same time, however, engineering’s prevailing culture or identity is varyingly criticized and prompted for continued or radical change. On the

whole, then, a reformer's discourse tends to express the idea – whether explicitly or implicitly – that engineering matters as a profession *precisely because* it has been and still is 'expanding': i.e. at the very least, engineering identity matters as key to educational reforms, and at the most, as an element of engineering's existence *as-a-whole on-a-global-scale*. Table A.1 and Table B.1 delineate this reformers' motion by distinguishing two types of processes whereby authors tend to collapse engineering's current paradox into problem-solution domains.

Collapsing process 1: Infusing engineering with meaning, against 'disintegration'

Table A.1 (in Annexe A) bring together five publications whereby R. Williams' central thesis is squarely referred to and the reality of engineering's 'expansive disintegration' varyingly heeded, prior to being appropriated, evaded or diverted into a matter (or problem) of integration. As such, engineering's dis-integration is framed as a dual reversible process – as opposed to one out of two terms in a paradoxical relationship whereby opposites are construed as ontologically inseparable[35] –, the current direction of which must either be altered (Jesiek & Jamieson, 2017; de Figueiredo, 2014; Downey, 2005; Wallich, 2004) or maintained (O'Connell, 2006) for the sake of engineering *and* society. Primarily at stake, then, is engineering's integrality as a socially relevant whole, such that other commonly stated challenges in

[35] For example, Yves Barel expressed such ontological inseparability as 'the identity of opposites [l'identité des contraires]' characterizing the 'fundamental paradox' whereby 'it is possible that 'something' be at once actor [i.e. agentive] and field of action [i.e. determined].' (Barel, 1989, p. 20) – with the former being defined thought the latter, and vice versa. We will come back to this later on. For sake of illustration, Pierre Bourdieu's concept of 'habitus' also translates into such a mutually defining relationship between opposites: 'Because the habitus is an endless capacity to engender products – thoughts, perceptions, expressions, actions – whose limits are set by the historically and socially situated conditions of its production, the conditioned and conditional freedom it secures is a remote from a creation of unpredictable novelty as it is from a simple mechanical reproduction of the initial conditioning.' (Bourdieu, 1977, p. 95) More recently (and colloquially) within management research, scholars have inquired into the intricacies of 'paradox management' within organizations by namely considering that 'paradoxical tensions signify two sides of the same coin.' (Lewis, 2000, p. 761)

engineering education (student diversity and/or retention, complex problem-solving, public understanding, professional image and/or leadership, etc.) tend to be represented as manifestations of the underlying need to (re)integrate engineering.

In these last respects, Brent K. Jesiek and Leah H. Jamieson's *The Expansive (Dis)Integration of Electrical Engineering Education* (published in 2017) appears as an excellent case in point. For these authors, R. Williams' words are to be seriously heeded: electrical engineering's potential for institutional (or disciplinary) obsolescence under the phenomenon of 'expansive disintegration' is very real, as their own historical treatment of the American case vividly illustrates. Yet such obsolescence is neither unavoidable nor tragic insofar as it is occurring as a result of the field's obvious 'expansion', i.e. its evolution and 'growth over the span of more than a century,' (Jesiek & Jamieson, 2017, p. 4561) which can in itself hardly be construed as a negative trend. The prospects for the future become bleaker, however, when electrical engineering is considered in relation to other engineering disciplines or to a growing number of 'engineering-like activities' (Williams' term) now upheld by different layers of technical labor in a system spanning 'from the device to application level.' (Jesiek & Jamieson, p. 4571) In other word, disregarding that this 'growth has also been accompanied by competing forces of integration and disintegration' (Jesiek & Jamieson, 2017, p. 4561) under the current status quo of electrical engineering education has left the way open for the latter to prevail over the former, whereas 'more fundamental reforms in ECE [electrical and computer engineering] education [...] could help vault it into a leadership position among engineering fields' (Jesiek & Jamieson, 2017, p. 4570) and beyond divisions of technical labor. Here in particular, the authors illustratively mark the seriousness of their claim by referring to a 2016 column by the prominent electrical engineer Robert W. Lucky:

> Robert Lucky observes that circuit design is about the only discipline-specific knowledge that all electrical engineering students encounter, and he points to the 39 constituent societies of the IEEE as yet another sign of the field's diversity. (R. W. Lucky, 2016, cited by Jesiek & Jamieson, 2017, p. 4570)

Noting a continued migration of interest and activity to 'layers above the physical level' and 'to ever higher and more functional design' R. W. Lucky concludes his column by rhetorically asking what commonalities might hold together the field of electrical engineering, as well as how it might be differentiated from other engineering fields.' Yet in spite of such calls to action – authors criticize –, 'electrical engineering departments have been more reactive than proactive when it comes to curriculum reform,' (Jesiek & Jamieson, 2017, p. 4570) such that 'there remains a surprising lack of larger-scale initiatives or projects focused on scrutinizing the current state of – and future directions for – ECE education.' (Jesiek & Jamieson, 2017, p. 4570)

As such, B. K. Jesiek and L. H. Jamieson frame electrical engineering's institutional obsolescence (or ultimate disintegration) as one possible outcome among other much less disconcerting ones, all of which nevertheless bring together 'competing forces of integration and disintegration.' (Jesiek & Jamieson, 2017, p. 4561) Hence the parentheses added to R. Williams' (dis)integration concept in the article's title, *as if* the relative balance of integrative and disintegrative forces was, in the end, a matter of proper distinction, choice and intentionality: in other words, electrical engineering can still matter and be central *if* we infuse it with meaning. As these authors suggest, then, historical forces of disintegration are to be construed as reversible and separate from forces of integration: i.e. disintegration can be 'counterbalanced' by 'infusing the field with a new spirit of connectedness, relevance and impact' (Jesiek & Jamieson, p. 4571); that is, by willingly giving precedence to integrative forces over disintegrative ones through deep and meaningful curricular reforms which would

‘help students more intentionally explore the technology-society nexus.’ (Jesiek & Jamieson, 2017, p. 4571) The ‘real’ problem, then – as per such a collapsing process –, is that ‘efforts to update the technical content of the curricula […] have largely overshadowed moves to both create a sense of connectedness and engender awareness of broader social impacts among the field’s students and professionals.’ (Jesiek & Jamieson, p. 4568)

As Table A.1 illustrates, all five articles fundamentally rely on such a premise of reversibility and separability of opposites whereby R. Williams’ paradox is collapsed into a problem. In spite of all other differences, *Retooling* is therefore cited namely in order to establish an *engineering*-society *nexus* (as opposed to the *technology*-society *divide*) as the new integrative impetus facing engineering’s nagging (dis)integration problem – whether on a professional, institutional or disciplinary level. For the *Society on Social Implications of Technology*’s (SSIT) past-president Brian M. O’Connell, this meant in 2006 that ‘prognostications about the future of SSIT intrinsically and necessarily [were] relate[d] to the state of engineering as a profession’: (O’Connell, 2006. p. 41) i.e. ‘as we continue the conversation, adding new topics, perspectives, and insights, our successes and failures [at the SSIT] will remain a significant indicator of engineering’s progress [i.e. degree of integration] toward profession.’ (O’Connell, 2006. p. 42) In G. L. Downey’s 2005 keynote address to the World Congress of Chemical Engineering, this alternately translated into the idea that ‘making visible and legitimizing the human dimension of engineering work [by integrating problem definition into engineering education] alongside technical problem solving […] could […] help engineering as a profession respond to a threatened loss of control over technology.’ (Downey, 2005, p. 593-594) In the most general sense, then, such a reformer’s stance wittingly seeks and ‘propose[s] responses in hopes of *transforming* engineering and engineering education in ways that will *sustain the profession* as a vital, constructive, and responsive social institution.’ (Christensen et al., 2015, p. xxvii, emphasis added) Or,

as Karen L. Tonso states independently from *Retooling*, while nevertheless problematizing the paradox: if indeed 'engineering education and engineering identity are two sides of the same coin that mutually shape one another,' (Tonso, 2014, p. 277) then 'how might educators ensure identification of [such] a wide[ning] range of engineering identities, those [which are ever more abundantly] supported and nurtured (identified as belonging) within engineering?' (Tonso, 2014, p. 268)

As we move on to argue, such a collapsing process treads a fine line between critical advocation and captive critic of engineering's prevailing institutional arrangements and, as such, bridges the next two collapsing processes.

Collapsing process 2: Graduating a 'new breed' of engineers to fulfill a profession's expanding powers and duties

In contrast with the previous collapsing process – whereby problematizing emphasis was varyingly put on the (dis)integration potential facing engineering's institutional arrangements –, Table B.1 (in Annexe B) brings together sixteen publications whose main line of argument presupposes or implicitly suggests that engineering work and practice (in the broad professional sense) have remained central to a society's future: i.e. as per these authors, no disintegration or (in G. L. Downey's words) no 'loss of control over technology' seems to be threatening the engineering professions – quite the opposite. What seems crucially at stake, however, is the quality of engineering education itself, which tends to be construed as lagging behind rapidly changing social needs in a world of ever more ubiquitous technology and multiplying crises (environmental, social, human, etc.): i.e. the engineering professions' breadth and depth of social duties are growing along with technology's pervasiveness – in an isometric relationship –, whereas engineering education is problematically struggling to inspire, adapt, transform, rise to occasion, etc.

On the most fundamental level, then, *the* problem is that of 'creat[ing] programs that form engineers capable of confronting [today's and] tomorrow's challenges' (Sheppard et al., 2008, p. 231); that is, of forming a 'new breed' (Splitt, 2004, p. 1005) of professional engineers whose prime set of skills and competencies would quite radically correspond to a new, reformed figure of the engineer. In this respect, S. D. Sheppard, J. W. Pellegrino and B. M. Olds' previously cited foreword *On Becoming a 21st Century Engineer* is particularly illustrative:

> Our motivation to develop this special issue was twofold: reflection and action. Whether you, the reader, are a student, professor, academic administrator, policy maker, industry stakeholder, or among the many others important to engineering education, we hope that as you read […] you will thoughtfully reflect on your educational philosophies and practices. Are they based on what research tells us about how people learn? Are they guided by the learning styles, motivations, and aspirations of today's and tomorrow's students? *Are they focused on the grand challenges facing future engineers*? […] Ultimately, it is up to each of us through our informed actions to help assure that we have *the right people, learning the right things*, and *in the right ways* if we are to graduate [students-engineers] well prepared to contribute to the future. (Sheppard et al., 2008, p. 233, emphasis added)

That is, it is up to each of us to help assure that engineering education successfully transitions to the 21st century by heeding the new fundamental fact that 'everything changes, [and] everything is connected' (Sheppard et al., 2008, p. 231): 'technical and non-technical issues are inextricably and increasingly linked, as the boundary between 'autonomous, non-human nature and human generated processes' become increasingly blurred; R. Williams describes this linked state as 'a hybrid world' [authors here quote: Williams, 2002, p. 31].' (Sheppard et al., 2008, p. 231) Yet as citing authors translate this new circumstance into an institutional-educational search for '*the right people, learning the right things, in the right ways'*, engineering's paradoxical process of 'expansive disintegration' – and, within it, the growing obsolescence of its segregated tracks model – gets ignored and varyingly collapsed

into topical themes (or problems) that leave engineering's prevailing institutional arrangements unquestioned, or even, reinforce the sentiment of their essentiality for confronting 'technological change.' Such topical problems are namely: how to open up and complexify the traditional problem-solving/design processes? (Frank et al., 2017; González Rivera et al., 2016; Williams & Figuieredo, 2014; Kabo et al., 2009; Dodgson et al., 2007; Fernandes, 2004) How to design courses and/or curricula so as to foster and valorize students' creativity? (Bakilapadavu & Shekhavat, 2013; Zhou, 2012) How to implement and sustain 'cultural change' on an institutional scale or beyond? (Godfrey & Parker, 2010; Splitt, 2004) How to design courses and/or curricula so as to foster students' leadership skills? (Sankar et al., 2010) Or how to make engineering programs more diverse and inclusive, typically of women and minorities? (Hardré & Siddique, 2013; Sankar & Raju, 2011; Jarosz & Busch-Vishniac, 2006)

As Table B.1 illustrates, cross-cutting issues and/or solution domains might more broadly include engineering education's social relevance and impact; students' recruitment, motivation or sense of belonging; or the changing core knowledge and competencies of engineering work and practice. Yet the notion that engineering (as a profession) *naturally* resonates with the current technological Zeitgeist remains pervasive: i.e. authors here generally tend to consider that 'as a consequence [of this linked state or 'hybrid world'], what engineers do is increasingly and intimately involved in creating and shaping this multi-faceted and highly integrated world. In other words, engineering and engineers have never mattered more.' (Sheppard et al., 2008, p. 231) And so paradoxically narrows the horizon of the future which these authors nonetheless ardently work at expanding through ever more 'informed actions' regarding engineering education.

Insofar as this second collapsing process does not explicitly problematize R. Williams' main thesis nor position itself with respect to it – as much as it misreads its

implications –, it indeed tends to work toward engineering's ontological (re)integration in an implicit, and in some cases even unwitting and clashing way. In sharp contrast with authors associated with the previous process (in Table A.1), authors here tend to use *Retooling as if* a mere reference to the text was self-explanatory or *as if Retooling* could in itself constitute an authoritative, *uncontroversial* backdrop against which all sorts of questions pertaining to engineering education's reform may be set for their topicality to be almost instantly established. As the publications gathered in Table B.1 illustrate, R. Williams' central thesis is thus largely unheeded, as the breadth and depth of engineering's paradoxical process of 'expansive disintegration' remains veiled under the apparent unquestionability of engineering's professional-institutional apparatus.

3.2.2 The critics' motion

Through what may be conceived as the obverse of this last collapsing process, the critics' motion calls into question and challenges the essentialness of *engineering-as-a-whole*, a historically dominant form of which has been the profession. In other words, it partly and varyingly raises and investigates the possibility of engineering's institutional obsolescence, thereby heeding fully R. Williams' main message. Yet insofar as such a critique actually is or seeks to become participative – i.e. 'it seeks to challenge and intervene in dominant images of engineering practices' (Downey, 2012, pos. 69) from within the existing institutional apparatus of engineering education –, it also tends to cut the reflection short of some ontological implications and, eventually, short of its own paradoxical circumstance. Through the four publications that it comprises, Table C.1 (in Annexe C) begins to outline elements of such an ambiguous posture by showing how it collapses engineering's paradox of 'expansive disintegration' differently than the second collapsing process, and yet in partial alignment with the first.

Collapsing process 3: 'Dissolving' engineering's institutional boundaries and corresponding core of meaning through and from within engineering education

Here, the idea is more or less explicitly expressed that 'engineering' matters only as an integrated whole insofar as *it* – the analytical category – *actually* is undergoing an irreversible disintegration process. That is, engineering's institutionalized pretence of holism and corresponding identity/status is recognized as a cultural fiction – i.e. 'what [engineers] take for granted [under the professional ideal, broadly construed as matching 'normative holism(s)'] is in an important sense highly localized' (Downey, 2014, p. 705) –, but the difficult question of what happens next, i.e. after such a fiction's transformation or eventual disbandment, is largely left unaddressed – and understandably so. Without the stable *fiction* of 'engineering' as a bounded totality and the 'real' institutional forms deriving from it as an initial anchorage (or baseline) for analysis, how is participative critique to develop, take hold and eventually 'scale up' to 'participate in dominant practices' (Downey, 2009, p. 57)? If indeed 'competitions to scale up new [engineering] images to dominance [should] take place in the presence of existing dominant images,' (Downey, 2009, p. 64) how might 'engineering studies […] [fully] embrace the questions: What are engineers for? and What is engineering for?,' (Downey, 2009, p. 74) without undermining its own transformative channel? When the one unthinkable answer to these questions increasingly imposes itself as a possibility, how is engineering studies to position itself, let alone continue to serve? What would engineering studies be for, if and when 'engineers' and 'engineering' no longer were for something?

In somewhat overlooking such questions, this third collapsing process highlights the fact that no premise is more pivotal to engineering studies' own identity than that of engineering's own belief in its existence as-a-whole, yet none is more contestable; such that the engineering professions' paradox apparently 'boomerangs' back. As Tim Ingold wrote of his own discipline in 1989:

> The challenge and promise of [social] anthropology is to bring ourselves to 'think society' in other ways, yet to do so is to undercut the very foundations of the discipline. No wonder, then, that anthropologists seem to live perilously on an intellectual knife-edge! […] There may well be debate about whether such a thing as society actually exists 'out there', but there can be no doubting the fact that there are people out there who regularly talk about it, and therefore that discourse on society is just as much a part of the reality we study as it is of our way of studying it, if indeed these two can be separated at all. (Ingold, 1989, p. 57)

As it therefore appears, society-as-a-whole may well be to social anthropology what engineering-as-a-whole is now to engineering studies, such that a critic's posture now would find itself captive in its own hands – so to speak. And indeed, insofar as 'scalable scholarship in engineering studies [treads a line] between experiences of co-optation and resolute pessimism,' (Downey, 2009, p. 58) the critical motion's scholars also 'live perilously on an intellectual knife-edge.' (Ingold, 1989, p. 57) In much the same way as social anthropology with respect to 'society', the engineering studies scholarship 'is a relatively recent *product* of a certain way of imagining and thinking about [engineering] which has a long pedigree in the history of Western thought,' (Ingold, 1989, p. 57) such that to 'think engineering' in other ways is also bound to eventually 'undercut the very foundations of' the field.

In sharp contrast with a dominant reformer's narrative, then – as depicted through collapsing process 2 –, the critics' motion tends to conceive of its own main contribution as that of uncovering the historical, implicit and misleadingly pervasive normativities in engineering practice and education, including those lurking under EER's own 'evidence-based' recommendations (see for ex.: Downey, 2014; Riley, 2017). As G. L. Downey more specifically puts it, one such normativity – namely 'normative holism' – may be construed as foundational 'not because it is temporally or logically prior to other normativities written into the identities of engineers', but rather because '[1] it is linked to the initial formation of countries [everywhere]' and '[2] it is a commitment that engineers [throughout the world] easily recognize and

routinely and repeatedly embrace.' (Downey, 2012, p. 248) As such, 'much work in engineering studies consists of critical reactions to normative holism in engineering formation and practice, both explicitly and implicitly': i.e. the engineering studies scholarship 'makes visible complexes of socio-technical relationships that normative holism hides,' (Downey, 2014, p. 697) such as the complexification of the social/technical binary – as opposed to its purported dissolution – through software engineering's disruptive rise as a 'hybrid' (Lagesen & Sørensen, 2009); 'a notion of linear progress' (Brown & al., 2009) broadly shared among 'engineers'; or the naturalization of problem-solving practices (Downey, 2009) and 'engineering as we have known it.' (Mitcham, 2009)

Yet in varyingly unmasking such normativities as a veiled dualisms, nationalisms, or historical constructs using empirical approaches drawn from disciplines in the human and social sciences, the engineering studies scholarship also tends to induce – as previously illustrated – a sharp distinction and even a contest between the national and the global. In engineering studies, the conventional wisdom has become that 'in different national territories engineers have been trained to serve a range of organizational structures and social philosophies that make any single explanation of what it means to be an engineer untenable.' (Wisnioski, 2009, p. 405) That is, *nothing* amid engineering's infinite plurality and situated-ness is ever *really* conceivable as being global (or universal); all is thus context(ualization) – apart from the *belief* itself in engineering's holist character, of course, which the engineering studies scholarship repeatedly invalidates as 'untrue' and 'unreal', while – in some sense – maintaining it alive and well. As such, engineering studies' dominant ontological-epistemological posture may well have come to preclude the possibility of *really* asking 'what engineering is for' (Downey, 2009, p. 74.) by presupposing of this *belief* as the field's only imaginable foundational 'problem'; i.e. by *a priori* collapsing engineering's paradoxical process of 'expansive disintegration' into an *insolvable* (re)integration *problem*. No solutions are ever to be found – is it admittedly recognized –, but the

problem nevertheless prevails as such, which in some sense brings this third collapsing process in contact with the first.

In this last respect, G. L. Downey's 2005 article *Are Engineers Losing Control of Technology?* stands as an excellent case in point (see Table A.1). In order to heed the author's 'dubious[ness]' with respect to 'the goal of producing crossover texts that would speak simultaneously to audiences in both one's primary academic home […] and engineering' (Downey, 2009, p. 58) – which he states in *What is engineering studies for?*, published in 2009 –, the two articles were kept separate. Yet much would also have justified categorizing the 2005 article in the third collapsing process (i.e. in Table C.1). In other words, the 2009 article can hardly be read independently from the first, as a central part of its narrative reveals the experience leading up to the 2005 article, thereby illustrating what is meant, entailed and staked by the goal of 'scal[ing] up [one's own] critical participation in engineering education.' (Downey, 2009, p. 56) Moreover, the 2005 article arguably offers one of the most heeding accounts of *Retooling*'s main thesis among the twenty-six publications used within our corpus (along with C. Mitcham's 2009 article). Whereas the article also ends up conflating the paradox with the problem of 're-imagin[ing] and re-theoriz[ing]' engineering education's 'obligatory core' (Downey, 2005, p. 588) by 'claim[ing] technical mediation as a part of the jurisdiction of engineering work' (Downey, 2005, p. 594), it also compellingly substantiates R. Williams concept of 'expansive disintegration' with examples and further conceptual elaborations. As such, it proposes to infuse engineering with meaning through 'problem definition and solution [PDS]' (against full disintegration) while at the same time dissolving its institutional core and multiplying professional identities from within engineering education (against full integration) – which illustrates how meaning circulates between the opposite and yet inseparable terms of a paradox. Incidentally, challenge-based discourses and approaches such as those discussed earlier may well be performing the idea – which the 2005 article anticipated – that partaking in problem

definition can 'help engineering as a profession respond to a threatened loss of control over technology' and, by extension, 'prevent a threatened loss of essence or even to transform an essence in order to respond proactively to an anticipated or potential loss.' (Downey & Lucena, 2004, p. 395)

By the twenty-six accounts scrutinized above, one therefore gets a glimpse of how *Retooling* itself may have overall become an 'unthinkable thought' – well beyond technological determinism's own unthinkability (Williams, 2002, pos. 1189-1197) – and of why the phenomenon of 'post-engineering' (Mitcham, 2009, pp. 48-51) has virtually not been inquired into over the past decade. In 2009, C. Mitcham singularly coined the term while considering *Retooling* to be an 'indicator' of 'what this post-engineering might be like' (Mitcham, 2009: 49), thereby touching the heart of the matter. After underlining that NAE's *The Engineer of 2020* report somewhat typically 'reflect[ed] a measure of professional insecurity' while at the same time 'exhibit[ing] an ambitious social role [for the American engineering profession]' (Mitcham, 2009: 49), the article crucially clarified that 'an insufficiently questioned assumption [prevailed]: engineering is an unquestionable good and should be advanced.' (Mitcham, 2009: 49) As such, he also cautioned:

> The attempt [by NAE] to identify challenges is done only to adopt [sic] engineering to these challenges, not to consider the possibility that the age of engineering may be coming to a close – that the engineering profession does not in fact have the unquestionable social value that engineers would like to be the case. Critical reflection on the core analysis of the NAE study can be argued to point toward the following possibility: that engineering is just not as important as it used to be, that the profession is properly waning – at least in the United States. […] The phenomenon of post-engineering is the paradox of an 'expansive disintegration'. [The author here quotes *Retooling*, as exhibited in Table C.1] Surely this is the reality on which a new engineering ethics, enhanced by an alliance with policy, is called upon to reflect. (Mitcham, 2009, p. 49-50)

Yet beyond these conclusive remarks, the article also constrained the reflection in its own way, by collapsing the paradox it surfaced into a problem amenable to an ethics and policy domain of solutions. As the article itself made clear, engineering ethics has become the prime avenue for addressing 'the social impact of [engineering] work and of corresponding social responsibilities.' (Mitcham, 2009, p. 41) The article thus framed events unfolding *through* the American engineering profession as though they were happening *to* it, thereby construing of them as 'a challenge and responsibility [brought about by a broader policy turn] that could take engineering ethics – along with engineering studies – into modestly new areas.' (Mitcham, 2009, p. 48) Yet the article did not bring to the fore the paradox that the engineering profession's ontological ordeal might present for engineering studies themselves, nor did it expand the reflection beyond engineering's own bounded totality so as to more broadly 'confront technological change' – as R. Williams arguably pursued.

In spite of fundamental differences, then, both the reformers' and the critics' motions use R. Williams' words to restate or define *constitutive problems* of their own, either in alignment with *Retooling*'s perceived tenor or against it, thereby (dis)missing its essential argument in varying degrees. As such, both groups have typically provided visibility to *Retooling*'s most resonant segments within their own discursive universe while at the same time cutting short on its most far-reaching – and admittedly most perplexing – line of inquiry, which lies in the *paradoxical* character of current circumstances. Even the most penetrating accounts seem to have cut short on the central notion that 'the profession formerly known as engineering' has become a prime site for gaining insight into 'the crisis of the lifeworld': i.e. this more fundamental paradox which is becoming salient *even among engineers* as 'a […] general sense of technological inevitability, in the experiential (if not logical) sense of feeling that 'technology' is what determines the conditions of your life and also of the

larger life of society,' (Williams, 2002, pos. 1760) facing the material and phenomenological (space-time) scarcities which 'technology' itself engenders (Williams, 2002, pos. 1724). And are we not indeed in the midst of 'an environmental crisis, not [only] in the usual sense of physical pollution and the non-human world, but [also] in the sense of the degradation of the human world,' (Williams, 2002, pos. 1743) when life 'is like living in an echo chamber, sometimes stimulating but sometime deafening,' (Williams, 2002, pos. 1753) the 'distortions [of which] result from forces that seem ghostly, even supernatural, and hauntingly elusive?' (Williams, 2002, pos. 1753) As Don Ihde and Lambros Malafouris alternatively put it, how might we update our understanding of 'human becoming' when we discover that 'we make things [in the broad sense of material forms and techniques] which in turn make us' (Ihde & Malafouris, 2018, p. 2); that is, when we discover that 'the mental and the physical are not two opposite poles but find unity through the process of [making]?' (Ihde & Malafouris, 2018, p. 14)

Notwithstanding the answers that R. Williams or D. Ihde and L. Malafouris propose, our own line of inquiry remains unaddressed: is it even possible to 'think' through such a *paradox* today? That is, how might we 'think' through such questions without becoming mesmerized by the *problem-form* which ostensibly lurks under every contemporary 'visions of human becoming' (Ihde & Malafouris, 2018) – whether inherited from the Enlightenment or newly bred, whether dominant or aspiring, etc. –, including their own even, to a certain extent? Only scratching the surface of such questions for the time being, we nevertheless argue in what follows that charting the development of a paradoxical lens for engineering studies is possible by reverting to R. Williams' theoretical grounds, in spite of the blurred line she threads herself between problem and paradox.

3.3 *Retooling* revisited

Throughout *Retooling*, R. Williams refers more or less concisely to a series of highly prominent and original thinkers whose now classic perspectives continue to capture essential dimensions of the current Zeitgeist. We here pay particular attention to two such classics: namely, Ulrich Beck's *Risk Society* (1986), and Martin Heidegger's *The Question Concerning Technology* (1954). Through them, the fundamental paradox underlying *Retooling* more fully reveals itself as a constitutive part of industrial society's modernizing process, while at the same time becoming more legible and amenable to what might be called a 'paradoxical mindset' (or practice of paradoxical 'thinking'). As such, our effort merely aspires to open or give a glimpse of something like a latent potentiality which lies in *Retooling* and may become fruitful through collective endeavour, scrutiny, debate, imagination, etc. More specifically, it explores the idea that engineering studies might itself be facing the task of 're-imagining and re-theorizing [part of] its core' by 'thinking' its own identity past and beyond 'the profession formerly known as engineering.' That is, by embracing the full breadth and depth of the questions: What are engineers for? and What is engineering for? (Downey, 2009)

3.3.1 Reverting to Ulrich Beck

> The new fact of history on a material level is that nature is now so thoroughly intermixed with technology. The new fact of history on a social level is that we keep running into ourselves, as it were, as we build our values and our social order into the world. Sociologists describe this as the transition from modern society to something beyond: post-modernism, or (as Anthony Giddens prefers) post-modernity or radical modernity, or (as Ulrich Beck prefers) a risk society. Such thinkers stress the 'reflexivity' of our society, meaning that we live in a world of echoes, a 'boomerang' world (Beck's term) where everything that goes out comes back […], where technology changes the very institutions producing it. (Williams, 2002, pos. 308)

As these last words express, a founding premise of *Retooling*'s theoretical argument is that we now live in a circular (reflexive, paradoxical) world where virtuous circles intrinsically – inseparably and simultaneously – are also vicious circles, whether perceptibly or not. In this respect, R. Williams specifically emphasizes the paradoxical effects that 'the digital age' brings about through 'information technology' (broadly construed). On an institutional level – which is what we have been emphasizing all along –, this means that an instituting (or foundational) principle such as the *problem-form* (Vérin, 1993) carries the seeds of its own triumphal demise, as it were. This very paradox is, in short, a defining characteristic of risk society as per U. Beck: through it, the instituting principles of industrial society's most prominent institutions partly and varyingly turn on them through processes of 'reflexive modernization' – the joint salience of which (around the mid-20th century) has arguably marked a watershed in modern history. So in the same way as other 'monopolies' (such as science, work, marriage, etc.) built into industrial society's institutions, the engineering professions may be construed as 'breaking up' (Beck, 1992, p. 232) while their own instituting principle (i.e. the *problem-form*) varyingly turns on them, i.e. as the *problem-form* nearly achieves itself through and beyond engineering. '*Monopolies are breaking up* […] *but worlds are not collapsing*' (Beck, 1992, p. 232) – U. Beck wrote –, meaning that this monopolistic 'disintegration' (collapse or obsolescence) must also be understood as a triumph: i.e. the triumph of founding principles reflexively acting upon their own institutional embodiments. One can therefore argue – as we do, following R. Williams – that modern engineering now mostly exists outside and beyond itself, in spite of 'the façade of intact reality which has [to this day] been preserved from industrial society' (Beck, 1992, p. 232): i.e. engineering's emblematic institutional forms –chiefly the engineering school – still stand *as if* their twentieth century social relevance remained intact, yet this social fact is ever more uncertain. As we have seen previously, engineering may now be argued to exist at least as much through its own institutional forms and channels, as it does through an ever more expansive spectrum of

‘engineering-like activities’ whereby the *problem-form* achieves itself, while at the same time ‘othering’ the engineering professions.

Engineering’s expansive disintegration as a triumph

Engineering is therefore not faced with a *problem* or crisis that requires to (or that even can) be fixed, resolved or countered, so much as it has come to embody industrial society’s quintessential paradox as delineated by U. Beck from a sociological perspective. By this paradox, ‘modernization within the horizon of experience of *pre*-modernity [i.e. the modernization of tradition] is being displaced by *reflexive* modernization.’ (Beck, 1992, p. 10, original emphasis) As U. Beck further explained:

> Components of a *traditionality inherent in industrialism* are inscribed in varied way within the architecture of industrial society – in the patterns of ‘classes’, ‘nuclear family’, professional work’, or in the understanding of ‘science’, ‘progress’, ‘democracy’ – and their foundations begin to crumble and disintegrate in the reflexivity of modernization. Strange as it might sound, the epochal irritations aroused by this are all results not of the crisis but of the *success* of modernization. It is successful even *against* its own industrial assumptions and limitations.’ (Beck, 1992, p. 14, emphasis by the original author)

This second ‘auto-referential’ modernization introduces the disruptive novelty of dissolving industrial society’s own institutional arrangements – including that of the engineering professions – by antagonistically (i.e. *reflexively*) radicalizing them or pushing them to their limits. In short, ‘reflexive modernization means not less but more modernity, a modernity radicalized against the paths and categories of the classical industrial setting.’ (Beck, 1992, p. 14) As such a process unfolds, ‘the profession formerly known as engineering’ cannot save itself or be saved *from its own triumph* as one of industrial society’s collapsing ‘monopoly’ (Beck’s term): as a paragon of modernity’s initial mode of ‘managing’ (or rather, coping with) historical change, engineering is faced with its own radical modernization which cannot be

counteracted. Assertions to the contrary – however common and understandable they may be – thus betray a certain misunderstanding of present-day's fundamentally paradoxical circumstance.

Be that as it may, the engineering professions or EER, for that matter, are not relegated to a secondary role – quite the contrary. Yet their new crucial role may indeed be radically different from the one they still largely cling to at present. What they can do is help in understanding the varied effects – both localized and denationalized – of engineering's 'expansive disintegration(s)'. In other words, as 'the profession formerly known as engineering' is displaced and disbanded by its own 'othering' expansion, those acting as its institutional advocates can only acknowledge (which would already in itself be considerable) the extent to which it has disintegrated '*beyond* its classical industrial design' (Beck, 1992, p. 10) and into what R. Williams has termed 'an open-ended Profession of Everything'. As she suggests, only once this is duly recognized will engineering (as a profession) be rid of its 'incapacity to face the facts' (Williams, 2002: pos. 847) – or to transcend their mere 'correctness,' as M. Heidegger would rather put it – and prepared to help in asking the hard questions: i.e. what does 'engineering' stand for now? And if, indeed, its original meaning cannot be reverted to, could it be that the engineering professions now plainly stands for *nothing* (i.e. for something beyond words) under their prevalent institutional arrangements; such that, by extension, such arrangements are 'obstruct[ing] [our collective view] by the façade of intact reality which [their own resistance] has been preserv[ing] from industrial society'? (Beck, 1992, p. 232) Insofar as 'we [still] are witnessing not the end but the *beginning* of modernity' (Beck, 1992, p. 10, emphasis by the original author) – as U. Beck chiefly held in 1986 –, one may indeed wonder what kind of *beginnings* the engineering professions' unacknowledged expansive disintegrations have unwittingly spurred on until now, and whether and how the new 'risks' that such *beginnings* present need to be 'managed' (or coped with) *collectively* – as C. Mitcham also suggests (Mitcham,

2009) – ‘rather than as a [matter of] personal responsibility.’ (Williams, 2002, pos. 1439) In this respect, Beck pointed to ‘sub-political’ actors and dynamics which today, in many ways, remain largely under-recognized (Beck, 1992, pp. 183-235). But then, the question immediately arises: what kinds of institutional arrangements (or else) would best ensure that the thriving possibilities of our technological age are sufficiently and adequately supplemented by an institutionally sheltered critical outlook? (Beck, 1992, p. 234) For example, ‘how can we prevent human genetic escapism in the future without choking off freedom of inquiry in research, which we cannot live without?’ (Beck, 1992, p. 234) For an overview of more contemporary debates on the matter, see for example: Hansell (2011). In the first chapter, Hava Tirosh-Samuelson expresses how ‘engineering’ has become a negatively connoted equivalent of ‘technology’, thereby substantiating the Presidents’ worried claim. He writes:

> Modern technology has indeed transformed and will continue to transform our lives in numerous and yet unforeseeable ways. We should not categorically reject these advances because many of them do and will alleviate human suffering and misery. […] [Yet] The transhumanist project is misguided because of its mechanistic engineering-driven approached to being human, its obsession with perfection understood in terms of performance and accomplishments rather than moral integrity, and its disrespect for the unknown future.’ (Tirosh-Samuelson, 2011, p. 46)

Through such words, ‘engineering’ is broadly construed as ‘technology’ gone astray.

So what kinds of institutional arrangements (or else) might best ensure that the thriving possibilities of our technological age are sufficiently and adequately supplemented by social institutions and critiques? In prompting such difficult questions in specific relation to engineering’s prevailing institutional arrangements and increasing ‘social invisibility,’ (Barel, 1982) R. Williams has thus opened an important (if as yet seldom traveled) path of research: one along which the

perpetuated use of ‘engineering’ as an undifferentiated social and analytical category becomes critical – much like the unwary use of ‘society’ within social anthropology, and beyond. Throughout her account, ‘the profession formerly known as engineering’ is very much alive and visible *in its institutional-bodily forms* (such as MIT, the U.S. NAE or l’OIQ). Yet at the very same time it is becoming ever thinner and more invisible *in its spirit*, no longer able to come to grips with its own distinctive content and boundaries. Feeling as one with the contemporary technological world at the very same time as it is being diluted and estranged by it, ‘the profession formerly known as engineering’ belongs to the past, but to a past – as French sociologist Alain Touraine would have it– that constantly feeds into the present through categories without which we cannot (yet?) bare to think. (Touraine, 2007)

As *Retooling* thus suggests along with our own empirical work in section 2, all is as though the words themselves had come to blur rather than enlighten our general understanding of those who call themselves ‘engineers’ and, for that matter, of those who do not identify with the word or its formal instutitions while nevertheless ‘doing technology’. For the scholarship in engineering studies, in particular, the uncritical use of the word may additionally be constraining its very own critical outlook, which it has bearing on its identity and, by extension, on its objects of research. Insofar as the project and challenge of engineering studies is to bring itself – and only after, bring engineers and others (Downey, 2009) – to ‘think engineering’ in other ways, must it not indeed remain open to the potential necessity of undercutting part of its own initial foundations so as to allow engineering to both expand and disintegrate? Is this not part of what scalable scholarship must mean today, in spite of the practical impossibility which it appears to carry: i.e. the impossibility of scaling up such an image to dominance ‘in the presence of existing dominant images’ (Downey, 2009, p. 64)? If this is so, might it not have become crucial to collectively build a paradoxical lens and mindset into the research agenda of engineering studies?

Elements of a paradoxical mindset: approaching paradoxes paradoxically through the problem-form

As management scholars have increasingly considered over the past twenty-five years, 'paradox studies offer vital and timely insights into an array of organizational tensions' (Schad et al., 2016, p. 5) such as those depicted so far through engineering.

> Paradoxes stare us in the face – taunting our established certainties, while tempting our untapped creativity. They denote persistent contradictions between interdependent elements. While seemingly distinct and oppositional, these elements actually inform and define one another, tied in a web of eternal mutuality. Examples abound across phenomena and levels of analysis in management science. (Schad et al., 2016, p. 6)

Yet as has recently been realized, these same scholars might also 'have increasingly simplified the intricate, often messy phenomena of paradox' (Schad et al., 2016, p. 6) in trying to preserve or gain perceived relevance (i.e. scalability) in the eyes of practicing managers, thereby 'potentially missing critical insights.' (Schad et al., 2016, p. 6)

By next reverting to Martin Heidegger's conceptual influence on *Retooling*, we pay heed to management science and organization studies' lessons of experience – i.e. paradoxes should be approached and treated paradoxically (Schad et al., 2016, p. 46) – while trying to clarify what this might mean for the engineering studies scholarship. Specifically focussing on the 'unity of opposites' (Schad et al., 2016, p. 36) principle by which we have so far understood engineering's 'expansive disintegration', we argue that one must 'think' simultaneously in terms of problem *and* paradox in order to 'think' engineering without overlooking the intricacies of its current paradoxical circumstance. As such, one must in a way distinguish the two concepts from one another *as if* they merely were opposites, while at the same time conceiving of them *as one* under the *problem-form*. Yet what exactly is this paradox of the *problem-form*?

In keeping with what has been written so far, we conceive of it as a crystallisation of what Yves Barel has called 'the fundamental paradox.' (Barel, 1989) In short, this fundamental paradox is part of what defines a modern outlook upon the world. As we understand it here, this paradox is social-existential – as opposed to strictly logical – and may be taken as what constitutes both the *mainspring* and the *inbuilt obsolescence* of what U. Beck has called first modernization (i.e. the modernization of tradition). As Y. Barel put it, 'this paradox is the possibility that "something" be at once actor and field of action' (Barel, 1989, p. 20, our own translation), or at once part and whole: i.e. such as ourselves, for example, who (in M. Heidegger's words) are deluded in trusting the impression that we 'everywhere and always encounter only [ourselves].' (Heidegger, 1977, p. 27) We elaborate on this in the next section, as M. Heidegger's way of thinking allows us to shed light on this paradox's modern root and specific character. In closing this section on *Risk Society*, however, let us lastly mention that this social-existential paradox also finds a modern root through (in U. Beck's words) the 'unbroken, as yet barely recognized [Western] myth' whereby 'developed industrial society […] is a *thoroughly modern* society, a pinnacle of modernity, which it scarcely makes sense surpassing.' (Beck, 1992, p. 11) More than thirty years after these last words were initially written, the myth prevails – as we will see shortly –, although its connotation is far less optimistic than it was in the 20th century. In fact, it may well be that today's late-modern societies conceive of themselves as having broken with tradition to such an extent that the *problem-form* has surreptitiously come to act as their most significant – albeit unnamed and unrecognized – tradition.

From the time of engineering's modern birth (between the 16th and 18th centuries) onward, the *problem-form* has quite literally spread; or rather, one might say that the irresistible and *seemingly* all-powerful outlook upon the world that it captures has passed from hand-to-hand: very schematically, from the hands of modern engineers whose 'functions only could come to pass in an entirely new space' (Vérin, 1993, p.

181, our own translation) – one which pivoted precisely on the 'possibility [emerged during Renaissance] of giving a situation the form of a problem,' (Vérin, 1993, p. 181) –, it carried on most conspicuously into the hands of modern managers (Shenhav, 1999; Chandler, 1977), roughly in between the 1880s and 1930s, prior to gradually diffusing and becoming – in R. Williams' words – 'the dominant, if implicit, theory of history in our time, even for those who never pick up a history book,' (Williams, 2002, pos. 204) and to such a great extent that 'the sun of [our] linguistic system [now] is 'technology'.' (Williams, 2002, pos. 213)

> These words ['techchnology', 'change', 'culture', 'space', 'time', 'community'] are highly interdependent, deriving their meaning from the others and forming a closed world of cross-references. They are also highly reflexive, acquiring meaning from the very changes they are supposed to analyze. They also drain the meaning away from other, formerly more significant words, such as 'engineering' and 'progress'. (Williams, pos. 221)

Incidentally, as both a *partial instigator of* and a *chief answer to* what M. Heidegger has called the new 'quest for security' and 'sureness' which remained at the close of the medieval period (Lovitt, in Heidegger, 1977, p. *xxv*) – i.e. when 'the overt theological undergirding of [metaphysical] questions fell away' (Lovitt, in Heidegger, 1977, p. *xxv*; see also Vérin, 1982.) –, the modern birth of engineering may be conceived as intrinsically tied to the rise of the *problem-form* so construed (Vérin, 1993). As it appears indeed, the *problem-form* is a modern emergence coextensive with the rising intent from the Renaissance onward to 'reduce to art' (Dubourg Glatiny & Vérin, 2008; Klein, 1960) – or, as one would more likely say today, to derive an algorithm for – all sorts of activities and situations. So although this modern repurposing quest can hardly be assimilated to engineering alone, it nevertheless concerns it centrally and – one might even say – congenitally. As Robert Klein phrased it in 1960, in trying to convey the sweeping breadth of the phenomenon:

> Fencing, oneiromancy, poetry, the solving of a type of mathematical problem were 'reduced to art' when the way was found to mechanize the exercise completely. Logic 'reduced to art' would thus teach the manner of winning disputes infallibly or of discovering all the truths accessible to reasoning. (Klein, 1960, p. 108)

In what follows, we therefore conceive of the *problem-form* as the intrinsically modern emergence of a paradox based upon which modern societies have built themselves, without recognizing it as such or, for that matter, without recognizing it as akin to tradition. Such a proposition entails that the usual meaning of the words 'problem' and 'paradox' be suspended, however, so as to allow us to conceive of the *problem-form* and the 'fundamental paradox' as one and the same.

3.3.2 Reverting to Martin Heidegger

> The digital age engenders both a sense of liberating possibilities and a sense of oppression. Because of its socialized nature, information technology enhances social abilities, arguably our most human trait. But as information technology keeps reinforcing its dominance in terms defined by the market, *other forms of sociability get selected out*. A business oriented society becomes more and more so as *the system* responds to its own feedback. *In a world we have largely constructed, we keep encountering ourselves – but the projected 'selves' we keep running into represent only part of capacities, and arguably not the finest part*. (Williams, 2012, pos. 318, our own emphasis)

In order to lend support to this last segment, and more particularly to this last sentence in *Retooling*'s first chapter – *Living in a Technological World* –, R. Williams quotes a brief excerpt from one of Martin Heidegger's last essays, *The question concerning technology* (hereafter referred to as *The Question*). We propose to comment and supplement this excerpt by relying mainly on R. Williams' own – if less explicit – elaboration on what M. Heidegger calls 'the essence of modern technology,' as well as on Williams Lovitt's own explanations, as he was the essay's first English translator. Yet following philosopher Albert Borgmann, let us clarify right away that:

> The essence of technology [as Heidegger understood it] is not what these days is called and criticized as essentialism. Critics take exception to essentialism because they think of it as the oppressive imposition of a dominant and timeless mold [i.e. a determinism] on what is in fact historically changing and multiple in its appearance. Heidegger obviously does not disagree with the claim that reality changes fundamentally over time. He, along with R. G. Collingwood and Michael Oakeshott, was a pioneer in criticizing the supposed timelessness of philosophical theories. He does, to be sure, oppose the other claim, i.e. that cultural phenomena are too many-sided to exhibit a definite character, and he denies a third claim, often associated with anti-essentialism, to the effect that what discernible shape a cultural phenomenon has is a social construction.' (Borgmann, 2007, p. 421)

One thereby gets a glimpse of how, even today, M. Heidegger's thought fiercely resists being put in a box, so to speak.

According to both M. Heidegger and R. Williams, then, technology (or rather its essence) can and should simultaneously be conceived as a threat to *and* a mainspring of contemporary human existence: that is – borrowing Albert Borgmann's words –, it should be 'grasp[ed] […] as the truth of a particular epoch, i.e. of our time.' (Borgmann, 2007, p. 424) Yet the word 'truth', here, as M. Heidegger uses it, must not be understood as per its most common meanings, whether scientific or religious. As will gradually become clearer, this 'truth' is something that comes to pass in an ever recurring and yet unpredictable and ephemeral 'flash' within the overall 'concealment' of the essence of technology: i.e. it 'does not allow itself either to be logically or historiographically predicted or to be metaphysically construed as a sequence belonging to a process in history.' (Heidegger, in Heidegger, 1977, p. 39) This 'flash', then – which, for the sake of illustration, we propose to call *symbolization* (de Certeau, 1984, p. 203) –, is what qualifies modern technology as a fundamentally paradoxical phenomenon: i.e. it entails that 'technology [can only] be surmounted from within itself' (Lovitt, in Heidegger, 1977, p. *xxxv*) in a way 'similar to what happens when […] one gets over grief or pain.' (Heidegger, in Heidegger,

1977, p. 39) In *Retooling*, we see how this 'flash' mostly shines off on a collective level through catastrophe – as may have unfortunately become a trait of our time (Arendt, 1971, p. 445-446). Yet 'here and now and in little things' – M. Heidegger argued –, 'we may foster […] its increase' by 'holding always before our eyes the extreme danger' (Heidegger, in Heidegger, 1977, p. 33): that is, by 'thinking' our way through the daily experience of technology. As W. Lovitt further explains:

> Man must come to that place where, through language, through thinking, this revealing [of present-day 'truth', i.e. the essence of technology] may come to pass. Yet man cannot bring it about, and he cannot know when it will take place. What comes to pass [i.e. symbolization] happens suddenly. Heidegger speaks of it as a 'turning.' It is a turning within […] the essence of technology as the danger. It is the entrapping of the truth […] in concealment. (Lovitt, in Heidegger, 1977, p. *xxxv*)

In this final section of our article, we therefore hope to show how *Retooling* contributes to translating M. Heidegger's paradoxical mindset into one that is amenable to engineering studies, as well as to show that such an endeavour –whether through M. Heidegger or other authors – needs to be pursued. As such, our aim is *not* to take part in debates on the meaning of M. Heidegger's thought itself, as others have done by delving into his life's work (see for ex.: Dreyfus, H. L., and M. A. Wrathall, eds. John Wiley & Sons, 2008). Rather, we hope to spur discussion on the relevance of developing such paradoxical lens for collectively inquiring into what 'post-engineering studies' and 'post-engineering education' might each entail.

Without a doubt, a project so bounded reflects our own limited ability to do justice to the multiple nuances of meaning which M. Heidegger has built in his work or, for that matter, to those which his translators and interpreters succeeded in preserving. What we alternatively propose is 'a way of thinking' through *The Question* based on the *problem-form* which – we believe – will allow the reader to fully appreciate *Retooling*'s paradoxical dimension, as well as the cues that it provides with regards to

how engineering studies may begin to develop its own paradoxical lens. More specifically, we hope to show that the meaning M. Heidegger exacts from one word – which he incidentally chose as the name for 'the essence of modern technology' – is resoundingly echoed through both *Retooling* and the *problem-form*, and that this word so construed appears no less 'extra-ordinary' now in English (i.e. outside of common usage) than it appeared to M. Heidegger at the time (around 1954), in modern German (Heidegger, in Heidegger, 1977, p. 20). In other words, we hope to show how 'noise' still largely prevails today around the paradoxical phenomenon of 'technology' – within the engineering professions and engineering studies, at the very least –, as if this one word had never before been 'retrieved' or 'draw[n] out of 'silence'. With M. Heidegger – Charles Taylor explains:

> Our use of language is no longer arbitrary, up for grabs, a matter of our own feelings and purposes. Even, indeed especially, in what [modern] subjectivism thinks is the domain of the most unbounded personal freedom and self-expression, that of art, it is not we but language which ought to be calling the shots. […] That is why Heidegger speaks of our relation to this language in terms of a call (*Ruf*) which we are attentive to. […] And he can speak of the call as emanating from a 'silence' (GA 12:27-9). The silence is where there are not yet (the right) words, but where we are interpellated by entities [such as technology] to disclose them as things. Of course, this doesn't happen before language; it can only happen in its midst. But within language and because of its telos, we are pushed to find unprecedented words, which we draw in this sense out of silence. This stillness contrasts with the noisy *Gerede* [i.e. idle talk] in which we fill the world with expressions of our selves and our purposes [i.e. a paragon of which Hannah Arendt stunningly discovered in Adolf Eichmann's 'total absence of thinking' (Arendt, 1971, p. 418)]. These unprecedented words (in fact, better 'sayings,' but 'word' is pithier) are words of power; we might say: words of retrieval. They constitute authentic thinking and poetry. They are on a different level from everyday speech; not because they are 'heightened' speech, but because everyday speech is a kind of dulling, a falling off from, a forgetfulness of the more full-blooded disclosure they bring. (Taylor, 2007, p. 451-452)

The word: Enframing

This particular word, then, which M. Heidegger choses in 1954 (or discovers, as he would rather put it) for 'the essence of modern technology is '*Ge-stell*, the first English translation of which came in 1977 as 'Enframing'. Since this initial rendition by W. Lovitt, the word has been criticized and 'framework' seems to have mostly been preferred to it[36], as it also seems to be the case with *Retooling*. Nevertheless, we choose to stick with the neologistic expression as it does seem to capture something crucial which otherwise gets lost. In so doing, we heed W. Lovitt's remark whereby 'the prefix 'en-' [was intended to suggest] something of *the active meaning* that Heidegger gives to the German word.' (Lovitt, in: Heidegger, 1977, p. 19, note 17. Emphasis added)

> The reader should be careful not to interpret the word as though it simply meant a framework of some sort. Instead he should constantly remember that Enframing is fundamentally a calling-forth. It is a 'challenging claim,' a demanding summons, that 'gathers' so as to reveal. This claim *enframes* in that it assembles and orders. It puts into a framework or configuration everything that it summons forth, through an ordering for use that it is for ever restructuring anew. (Lovitt, in: Heidegger, 1977, p. 19, note 17)

We heed such an advice because it is pivotal in grasping the extent to which 'the essence of technology' (as understood by M. Heidegger) is echoed in *Retooling*'s unthinkable dimension as we have so far understood it: that is, in grasping how *The Question* resonates well beyond the physical space occupied by the philosopher's words or their location within *Retooling*.

In line with this initial translation, then, 'the essence of technology' in general, or more particularly as it manifests itself through engineering's 'expansive

---

[36] e.g. Borgmann, 2007.

disintegration' is *not* to be construed as 'a problem', per se; rather, it is to be construed as a paradox which we have proposed to call the *problem-form*. This paradox (Enframing) 'puts into a framework or configuration everything that it summons forth, through an ordering for use that it is for ever restructuring anew' (Lovitt, in: Heidegger, 1977, p. 19, note 17): problem-definition-and-solution. It does so *as if* it could and as if did contain within itself (and in a timeless manner) the entire realm of human possibilities, and so, by extension, of hope. In other words: *as if* 'everything man encounters exists only insofar as it is his construct' (Lovitt, in: Heidegger, 1977, p. 19, note 27), and so his to de-construct and re-construct at will; *as if* there could ultimately be no paradox whatsoever beyond mere appearances.

Yet *En*-framing *acts upon* human beings at the same time as it is *being en-acted* by them, such that it does not 'happen somewhere beyond all human doing […]. But neither [can] it happen exclusively *in* man, or decisively *through* man.' (Heidegger, in Heidegger, 1977, p. 24) Rather, Enframing is one of these heideggerian words that 'ha[s] a two-wayness that permits [it] to point at once to Being and to man,' (Lovitt, in Heidegger, 1977, p. *xxii*) and – perhaps most importantly for us – at once to 'correctness' and to 'truth.' As W. Lovitt puts it, 'these [two-way] words speak specifically of what happens in the turning within Being itself [i.e. the change in the 'truth' of an epoch or age]. But they also sustain for us, if but hiddenly, the memory of man's necessary involvement in what is coming to pass.' (Lovitt, in Heidegger, 1977, p. *xxii*) As such, these 'two-way words' – and here most importantly Enframing – speak of *the mutual definition of opposites* whereby paradoxes distinctively reveal, and which we have been looking to clarify: i.e. they speak of the meaning that necessarily (if invisibly) circulates between a paradox's opposite terms. So more specifically still, we might say that Enframing speaks of the mutual definition of opposites whereby the fundamental paradox of our modern (Western) technological age reveals through technology.

In M. Heidegger's words, Enframing captures the possibility of realizing that 'the essence of technology is in a lofty sense ambiguous.' (Heidegger, in Heidegger, 1977, p. 33)

> On the one hand, Enframing challenges forth into the frenzied-ness of ordering that blocks every view into the coming-to-pass of revealing and so radically endangers the relation to the essence of truth. On the other hand, Enframing comes to pass for its part in the granting that lets man endure-as yet unexperienced, but perhaps more experienced in the future-that he may be the one who is needed and used for the safekeeping of the coming to presence of truth. Thus does the arising of the saving power appear. The irresistibility of ordering and the restraint of the saving power draw past each other like the paths of two stars in the course of the heavens. But precisely this, their passing by, is the hidden side of their nearness. When we look into the ambiguous essence of technology, we behold the constellation, the stellar course of the mystery. (Heidegger, in Heidegger, 1977, p. 33)

'Where Enframing reigns – he writes in quoting Hölderlin –, there is danger in the highest sense. 'But where danger is, grows/ The saving power also',' (Heidegger, in Heidegger, 1977, p. 28) such that 'there is no demonry of technology, but rather there is the mystery of its essence' (Heidegger, in Heidegger, 1977, p. 28): hence the paradox in-and-of the *problem-form*, its 'twofoldness.' (Lovitt, in Heidegger, 1977, p. *xxxv*)

Enframing: the essence of technology: the problem-form

What is fundamentally recognized as being at stake, then, in both R. Williams (2002) and M. Heidegger's (1954) accounts is 'a free relationship to [modern] technology': (Heidegger, in Heidegger, 1977, p. 3) that is, in R. Williams' words, our collective capacity 'to build 'a technological firmament that will really *fit us*' and 'to organize *a*

technological world we can live in.'[37] (Williams, 2012, pos. 316, emphasis added) As such, what is held as threatening by both authors is not technology itself, but rather our own dominant and *partial* ways of experiencing and relating to it, *as if* it merely was how it appears *according to facts*, whether mundane or scientific ('in the midst of all that is correct'): (Heidegger, in Heidegger, 1977, p. 26) that is, *as if* technology was merely 'a means to an end' and 'a human activity.' (Heidegger, in Heidegger, 1977, p. 4) And yet:

> This much remains correct: modern technology too is a means to an end. That is why the instrumental [or anthropological] conception of technology conditions every attempt to bring man into the right relation to technology. Everything depends on our manipulating technology in the proper manner as a means. We will, as we say, 'get' technology 'spiritually in hand.' We will master it. The will to mastery becomes all the more urgent the more technology threatens to slip from human control. But suppose now that technology were no mere means, how would it stand with the will to master it? (Heidegger, in Heidegger, 1977, p. 4-5)

However obscure or nonsensical it may appear to be at first, this last question and the words building up to it are ever more pivotal today, as they are ever more vividly echoed in our 'daily experience, repeated and compelling' (Williams, 2012, pos. 1759) of technological determinism as both 'self-evidently untrue' and irrefutably real: (Williams, 2012, pos. 1180-1250) that is, as a paradox. Yet how are we to face such a situation paradoxically, i.e. without relapsing into 'the impression […] that everything man encounters exists only insofar as it is his construct'? (Heidegger, in Heidegger, 1977, p. 27) How are we to experience technology and 'technological change' as *not merely* technological, but rather as *something* beyond the 'correctness' of our own predominantly factual relationship to the world (Heidegger, in Heidegger,

---

[37] Here, the author quotes historian Elting Morison as he is cited by Thomas P. Hugues and Leo Marx in: *Memorials: Elting Morison, 1909-1995*, 1996, p. 874 and 867, respectively.

1977, p. 5-6) – which exact science (e.g. physics) or the historical discipline admittedly epitomizes (as M. Heidegger makes clear), but perhaps even more broadly, today's most common sense and colloquial speech under the now frequent and vexed construal of various circumstances as besieged by 'Post-Truth', 'Alternative Facts' or 'fake news' (Neave, 2017, p. *v*.)? In particular, the 2019 EGOS Colloquium (EGOS: European Group for Organizational Studies) strikes as a vivid expression of such an outlook. In July 2019, this large community of scholars convened under the theme of 'Enlightening the Future: The Challenge for Organizations.' Under this main theme definition, one could read:

> As EGOS arrives in Edinburgh 280 years after the publication of Hume's Treatise, it is apposite to reflect upon the Enlightenment and its legacy for the development of our societies. We are in a time when proclamation and brutalism 'trump' civility and reasonableness of discussion, challenging the institutions of democracy. We seem to be entering a post-truth, even pre-Enlightenment, age in which debate based upon research, reason and respect appears to be less important than assertion, assumption and, often, abuse. The 2016 Brexit referendum result in the UK and the election of Donald Trump as US President are just two of the significant effects of this apparent shift towards a new populist approach and away from the Enlightenment ideals of liberalism, rational debate and the pursuit of knowledge. Decisions appear to be increasingly determined by who can appeal most effectively to self-interest and sentiment, irrespective of the accuracy of information. Technology, while often associated with the opening-up of freedoms and opportunities, has become central to this post-truth era. This is the case not only in political movements, but also when we consider management and decision-making in organizations.[38]

As we argue here, one way to begin experiencing technology and 'technological change' as *not merely* technological would be to recognize that such circumstances

---

[38] EGOS 2019's main colloquium page. Online at: < https://www.egosnet.org/2019_edinburgh/colloquium >. Page first accessed on December 1st, 2018.

might not be 'the curious and scarcely acceptable behaviour of individuals who suddenly set out to juggle the views of the rest.' (Neave, 2017, p. *v*.) In other words, to recognize how such circumstances might be 'of our own [collective] making' *not* in the common sense that 'it is thus in our power to address them and enact the changes and policies needed to adapt (and flourish) in [a] new environment,' (Schwab, 2016, p. 106) but rather in an unassuming sense, closer to the original one (Dupuy, 2000, p. 28). That is, to recognize how 'it was only a matter of time – as R. Williams suggests using MIT's Reengineering ordeal as a case in point – before the waves of creativity and enterprise going forth from [our own fact-based conception of the world] came back to [our] shore.' (Williams, 2012, pos. 985) In *The Mechanization of the Mind*, Jean-Pierre Dupuy (drawing on H. Arendt) briefly distinguishes these two social-historical trajectories of Giambatista Vico (1668-1744)'s principle of *Verum et factum convertuntur* ('The true and the made are convertible') – the latter of which in the following quote underlies much of our thinking today, and chiefly that of experimental science. He writes:

> This means that we can have rational knowledge only about that of which we are the cause, about what we ourselves have produced. The principle of *verum factum* was originally understood as implying a want or a lack on the part of human beings: we can never know nature in the way that God does, for God created what we can only observe. Quickly, however, the principle acquired a positive sense more in keeping with the growing affirmation of modern subjectivism [against which M. Heidegger's work rises]: what human beings make can be rationally – that is, demonstratively and deductively – known despite the finitude of human understanding. […] It is thus that Hannah Arendt interpreted both the artificial conception of politics developed by Hobbes and Vico's turn 'from natural science to history, which he thought to be the only sphere where one could obtain certain knowledge, precisely because he dealt here only with the products of human activity. [Arendt, 1958, p. 298] (Dupuy, 2000, p. 28*)*

What if, in other words, today's perplexing abuses of the basic social norms of 'correctness' (factuality) were but one paradoxical effect of our own collective,

institutionalized inability to think outside and beyond thought totalizing dimension of the *problem-form*? More broadly put, what if today's 'grand challenges' were not merely conceivable as 'wicked' (Rittel & Webber, 1973), 'post-normal' (Funtowicz & Ravetz, 1993), or 'complex, uncertain and evaluative' (Ferraro et al., 2015) *problems*, but also – and perhaps mostly in some cases – as a proliferation of *paradoxes*? What if, ultimately, 'technology were no mere means,' but also most fundamentally a prison of self-empowerment? (Heidegger, in Heidegger, 1977, p. 4-5) 'How would it stand with the will to master it?' (Heidegger, in Heidegger, 1977, p. 4-5)

As two distinct 'ways of thinking' written forty-eight years apart in different languages, and from different disciplinary perspectives, *Retooling* and *The question* differ considerably in how they inquire into such questions, that is, in how they 'lead [us] through language.' (Heidegger, in Heidegger, 1977, p. 3) Yet they both seek to clarify how we might collectively 'experience the technological within its own bounds.' (Heidegger, in Heidegger, 1977, p. 4) Through Enframing – M. Heidegger argues –, 'what we call the real is revealed as standing-reserve,' (Heidegger, in Heidegger, 1977, p. 18) that is, as a *seemingly* ever growing potential for 'ordering' nature and then the world through 'technology,' broadly construed as all that stems from Descartes' '*ego cogito* [ergo] *sum*, through which [modern] man [has been] continually seeking to make himself secure.' (Lovitt, in Heidegger, 1977, p. *xxvi*) Far from 'lacking in any inherent significance, use, or purpose' (Dreyfus & Wrathall, 2005, p. 13), then – as is often asserted –, contemporary technology stems from and draws on an essential 'quest for security' and 'sureness' which itself remains from tradition: hence the *fact* that this 'revealing never simply comes to an end. Neither does it run off into the indeterminate. […] Regulating and securing even become the chief [fact-based] characteristics of the challenging revealing.' (Heidegger, in Heidegger, 1977, p. 16)

> In the medieval period men were preoccupied with the question of how they might be in right relationship with God, how they might be assured of salvation, i.e., how they might find enduring security. At the close of that period the overt theological undergirding of these questions fell away, but the quest for security remained. Man needed a new basis for his self-assurance, his assurance of rightness. The work of Descartes, itself an expression of the shift in men's outlook that had already taken place, set forth that basis in philosophical terms (WN 88-90). In the *ego cogito* [ergo] *sum* of Descartes, man found his self-certainty *within himself*. Man's thinking (*cogitare*), which Heidegger says was also a 'driving together' (*co-agitare*), was found to contain within itself the needed sureness. Man could *represent* reality to himself, that is, he could set it up over against himself, as it *appeared* to him, as an object of thought. […] Descartes [thus] fixed his attention not on a reality beyond himself [as ancient Greek philosophers did], but precisely on that which was present *as* and *within* his own consciousness. At this point human self-consciousness became subject *par excellence*, and everything that had the character of subject – of that-which-lies-before – came to find the locus and manner of its being precisely in that self-consciousness, i.e., in the unity of thinking and being that was established by Descartes in his *ego cogito* [ergo] *sum*, through which man was continually seeking to make himself secure. Here man became what he has been increasingly throughout our period. He became subject, the self-conscious shaper and guarantor of all that comes to him from beyond himself. (Lovitt, in Heidegger, 1977, p. *xxv-xxvi*)

Because it draws, as such, on an essential 'quest for security' and 'sureness' itself remaining from tradition, the potential for 'ordering' which Enframing reaveals is to be tapped by way of human will – i.e. modern man's self-conscious ability to stand out against the world as a 'subject'; the same human will which initially replaced 'the overt theological undergirding of […] questions' (Lovitt, in Heidegger, 1977, p. *xxv*) such as 'how [to] find enduring security' (Lovitt, in Heidegger, 1977, p. *xxv*) without God providing it. As an elusive alternative to God's threat and its inextricably related 'saving power' (Heidegger, in Heidegger, 1977, p. 28), Enframing thus came to contribute centrally to the 'entrapping and securing refining of the real' (Heidegger, in Heidegger, 1977, p. 167) or – as W. Lovitt puts it – to how 'man found his self-certainty *within himself*.' (Lovitt, in Heidegger, 1977, p. *xxv*)

> Reality as 'nature' is represented as a manifold of cause and effect coherences. So represented, nature becomes amenable to experiment [through technical apparatus] (Heidegger, in Heidegger, 1977, p. 14). But this does not happen simply because nature intrinsically *is* of this character; rather it happens, Heidegger avers, specifically because man himself represents nature as of this character [through Enframing] and then grasps and investigates it according to methods that, not surprisingly, fit perfectly the reality so conceived. Here, science (*Wissenschaft*) means any discipline or branch of knowledge. In speaking of science, Heidegger can refer as often to the discipline of history, with its representing of historical events as causal sequences, as he does to physics and its related disciplines with their respective ways of representing nature. The intricate system of techniques and apparatus that we call modern technology belongs essentially to this same realm [of revealing]. In it contemporary man's inveterate drive to master whatever confronts him is plain for all to see. […] The modern technologist [the paragon of which arguably is the modern engineer] is regularly expected, and expects himself, to be able to impose order on all data, to 'process' every sort of entity, nonhuman and human alike, and to devise solutions for every kind of problem. He is forever getting things under control. (Lovitt, in Heidegger, 1977, p. *xxvii*)

Yet such self-certainty is precisely what has been faltering over recent decades, and which engineering's 'expansive desintegration' manifests so intensely. As R. Williams puts it, 'modern science emerged from a belief that design in nature reveals God's purposes. In a hybrid world, technological design reveals human purposes': (Williams, 2012, pos. 2163)

> The technological world, as it has been designed in places like MIT, serves purposes of instantaneous communication, rapid and frequent travel, intellectual and emotional stimulation, convenience, and comfort. It can be criticized as commercial and consumerist, but it is often engaging and enlightening. Whatever its virtues and vices, it is the world we are used to. Now [in the wake of the events of September 11, 2001, which she here recalls] we peer into this familiar world and see in its depth a frightening one, which we have been constructing all along with only the faintest awareness of what we were doing. (Williams, 2012, pos. 2163-2174)

Through this mode of revealing, then, all can ostensibly be 'ordered to ensure the possibility of' (Heidegger, in Heidegger, 1977, p. 17) *something else* that 'secures' and apparently 'gets things under control' – whether through fundamentally technological means or not –, while this *something else* itself acquires 'its standing only from the ordering and the orderable' (Heidegger, in Heidegger, 1977, p. 17), thereby pushing and 'challenging' us to a blinding and endless race forward. 'So long as we represent technology as an instrument – M. Heidegger writes –, we remain held fast in the will to master it. We press on past the essence of technology' (Heidegger, in Heidegger, 1977, p. 32) and so past Enframing, and – we add – past the *problem-form*. Hence is 'the extreme danger' (Heidegger, in Heidegger, 1977, p. 28-35) of today's prevailing mode of revealing, and hence also is the contemporary resonance of the quote chosen by R. Williams from *The Question*, which emphasizes how we as Westerners – i.e. as those under the impression of being both the individual and collective engineers of our lives – have utterly overlooked such a danger by believing ever anew in humanity's (de/re)constructive power over the world, even in circumstances whereby the opposite increasingly strikes as 'true'.

> Meanwhile man, precisely as the one so threatened, exalts himself to the posture of lord of the earth. In this way the impression comes to prevail that everything man encounters exists only insofar as it is his construct. This illusion gives rise in turn to one final delusion: It seems as though man everywhere and always encounters only himself. Heisenberg has with complete correctness pointed out that the real must present itself to contemporary man in this way. *In truth, however, precisely nowhere does man today any longer encounter himself, i.e. his essence.*[39] (Heidegger, in Heidegger, 1977, p. 27)

---

[39] Interestingly, R. Williams omitted to quote a short fragment, which we nevertheless included above: i.e. 'precisely as the one so threatened.'

Or as R. Williams synthesizes: ‘in a world we have largely constructed, we keep encountering ourselves – but the projected ‘selves’ we keep running into represent only part of capacities, and arguably not the finest part’ (Williams, 2012, pos. 318):

> We cannot keep generating innovations without giving much more attention to our ability to live with the changes we generate. This means not a retreat from innovation but a redirection of it toward the central challenge of our times: ‘to organize a world we can live in.’ The attack on the World Trade Center was an unforgettable and in its own way brilliant image of hatred and destruction. It also provides an equally unforgettable image of a world we could live in. (Williams, 2012, pos. 2184)

Enframing therefore neither entails nor offers choice, per se: it speaks *not* of ‘the *dilemma* of technological determinism’ (Roe Smith & Marx, 1994, emphasis added) and even less of the oft-desired and now extensively theorized *compromise* between two opposing ‘forms of inhumanity [borrowing Bruno Latour’s words]: one provided by naturalization (a human made up of idealized bits extracted from all the scientific disciplines parading as matter), the other provided by socialization (a human extracted from the life supports and air-conditioning that allow it to survive).’ (Latour, 2009, p. 143) In fully acknowledging the fundamental paradox’s paradoxical-ity, the word Enframing speaks of technological determinism’s impossible (i.e. factual falseness) and yet inevitable (ontological) ‘truth’ for our time – something which *Retooling* also vividly expresses.

Incidentally, then, in spite of the obvious temptation to that effect, Enframing excludes at once M. Heidegger’s categorization as a determinist or a constructivist, whether weak or strong or any other shade of meaning.

> Heidegger is not an “existentialist”. He is not concerned centrally or exclusively with man. Rather he is centrally concerned with the relation between man and Being, with man and the *openness* to which and in which Being presences and is known. Heidegger is not a “determinist”. He does not believe that man’s actions are completely controlled by

> forces outside him or that man has no effective freedom. To Heidegger man's life does indeed lie under a destining sent from out of Being. But ti him that destining can itself call forth a self-orienting response of man that is real and is a true expression of human freedom. Again, Heidegger is not a "mystic." He does not describe or advocate the experiencing of any sort of oneness with an absolute or infinite. For him both man *and* Being are finite, and their relationship never dissolves in sheer oneness. Hence absolute, infinite, or the One can appear to him only as abstractions of man's thinking, and not as realities of essential power. Heidegger is not a "primitive" or a "romantic." He is not one who seeks escape from the burdens and responsibilities of contemporary life into serenity, either through the re-creating of some idyllic past or through the exalting of some simple experience. Finally, Heidegger is not a foe of technology and science. He neither disdains nor rejects them as though they were only destructive of human life. (Lovitt, in Heidegger, 1977, p. *xiv*)

If anything – W. Lovitt presses –, '[Heidegger] is centrally concerned with the relation between man and Being, with [1] man as the *openness* to which and in which Being presences and is known,'[40] (Lovitt, in Heidegger, 1977, p. *xii*) and with [2] *Gestell* as the word for pointing to the fundamental ambiguity of this relation in the present technological age. Such that:

> In [Enframing] also, Being withdraws, so that the summons that thus 'enframes' is all but devoid of Being as empowering to be. Compelled by

---

[40] As Michael Wheeler importantly clarifies, however, in his entry to Martin Heidegger of the *Stanford Encyclopedia of Philosophy*, 'many of Heidegger's translators capitalize the word 'Being' (*Sein*) to mark what […] Heidegger […] call[ed] the *ontological difference*, the crucial distinction between Being and beings (entities). The question of the meaning of Being is concerned with what it is that makes beings intelligible *as* beings, and whatever that factor (Being) is, it is seemingly not itself simply another being among beings. Unfortunately the capitalization of 'Being' also has the disadvantage of suggesting that Being is, as Sheehan (2001) puts it, an ethereal metaphysical something that lies beyond entities, what he calls 'Big Being'. But to think of Being in this way would be to commit the very mistake that the capitalization is supposed to help us avoid. For while Being is always the Being of some entity, Being is not itself some kind of higher-order being waiting to be discovered. As long as we remain alert to this worry, we can follow the otherwise helpful path of capitalization.' (Wheeler, 2018)

> its claim, *ordered and orderer alike are denuded*. All that is and man himself are gripped in a structuring that exhibits a mere skeleton of their Being […]. (Lovitt, in Heidegger, 1977, p. *xxx*, emphasis added)

As R. Williams alternatively expresses:

> There is no single digital divide that we will step over collectively into the information age [i.e. no 'mastering the fourth industrial revolution' (Schwab, 2016), or no utterly beneficial tapping into the 'transformative power of connected cities' (Moreno et al. (for UN-Habitat), 2016, pp. 27-46), etc.], leaving behind the creaky old world of everyday life for a sleek new world of frictionless systems. There are many fault lines in history today, and many of them run right through us. *The change agent and the change resistor are often the same person* [i.e. the ordered and the orderer, as per W. Lovitt (above); or more horrifically, the victim and the executioner, as per Hannah Arendt (Arendt, 2002, p. 824)]. We are living through a transformation of the human habitat that is much more comprehensive than what is usually thought of as "technological change".' (Williams, 2012, pos. 247, emphasis added)
>
> […]
>
> The lifeworld is at once enclosed and full. […] The sense of living in a crowded lifeworld becomes a general sense of technological inevitability, in the experiential (if not logical) sense of feeling that 'technology' is what determines the conditions of your life and also of the larger society. Technology is the future. Technology is history. Technology is the human destiny. (Williams, 2012, pos. 1761)

'In all this the essence of technology [i.e. Enframing] rules,' (Lovitt, in Heidegger, 1977, p. *xxx*) and yet neither M. Heidegger nor R. Williams (more obviously) are determinists: i.e. one must resist such familiar categories as much as is possible if a paradoxical mindset is to be developed and adopted. As W. Lovitt thus insists on, 'every philosopher demands to be read in his own terms. This is especially true of Heidegger. One must not come to him with ready-made labels, although these are very often given.' (Lovitt, in Heidegger, 1977, p. *xii*) And as now appears more

clearly, the advice also holds for *Retooling*: such ready-made labels are in part what accounts for the book's non-eventfulness, as delineated earlier.

Incidentally, it may come as less of a perplexing discovery that, according to Albert Borgmann– who himself prefers the word 'framework' to Enframing (Borgmann, 2007, p. 428) –, 'the sequence of Heidegger's work [can be read] as the gradual emergence of *the problem* of technology.' (Borgmann, 2007, p. 420. Emphasis added) In *The Question*, nowhere is the word 'problem' used or approximated in order to qualify technology, whereas M. Heidegger does assert clearly that 'the essence of technology is in a lofty sense ambiguous,' and that 'such ambiguity points to the mystery of all revealing, i.e., of truth' (Heidegger, in Heidegger, 1977, p. 33); an observation which hardly seems trivial now, in light of foregoing discussions. Perhaps this observation may even be taken to point to M. Heidegger's resolve to 'avoid onticizing altogether,' (Taylor, 2007, p. 445) rather than to a mere coincidence. In other words, might it be that problematizing 'technology' – i.e. (en)framing it so as to imply and command that a solution domain exists in correspondence to 'the problem of technology' *correctly* posed – necessarily equates to granting the 'correct' (ontic) facts about it an unwarranted 'truth' (ontological) status[41]? (Wheeler, 2018) That is, might it necessarily equate to treating technology as merely technological,

---

[41] As M. Heidegger put it himself: 'This much remains correct: modern technology too is a means to an end. That is why the instrumental conception of technology conditions every attempt to bring man into the right relation to technology. Everything depends on our manipulating technology in the proper manner as a means. We will, as we say, 'get' technology 'spiritually in hand.' We will master it. The will to mastery becomes all the more urgent the more technology threatens to slip from human control. But suppose now that technology were no mere means, how would it stand whit the will to master it? Yet we said, did we not, that the instrumental definition of technology is correct? To be sure. […] [Yet] the merely correct [i.e. 'the ontical'] is not yet the true [i.e. 'the ontological']. Only the true brings us into a free relationship with that which concerns us from out of its essence. Accordingly, the correct instrumental definition of technology still does not show us technology's essence. In order that we may arrive at this, or at least come close to it, we must seek the true by way of the correct.' (Heidegger, in Heidegger, 1977, p. 6)

whereas distinguishing the two level of reality is just the move advocated by M. Heidegger? (Heidegger, in Heidegger, 1977, p. 4, 20) Could it be, in other words, that problematizing technology is incompatible with its 'questioning' as M. Heidegger understands, such that he avoided suggesting the possibility altogether?

Be that as it may, the high potential and necessity of problem-definition-and-solution within today's world is by no means ruled out or diminished – quite the contrary. If this last proposition held, problem-definition-and-solution would remain as an entirely acceptable, 'correct', rallying and empowering mode of apprehending 'reality'; in asserting the opposite, one would in fact be approaching the *problem-form* as a problem – i.e. problematizing it –, as opposed to approaching it as a paradox – paradoxically. Yet establishing – as we do here – such a fundamental correspondence between

the essence of technology: Enframing: the *problem-form*

does entail that problem-definition-and-solution tends to surreptitiously and dangerously enclose our sense of reality, and that so long as we *completely* rely on it for providing sureness, hope and future possibilities, it will cut us off from something *politically* vital (in H. Arendt's sense of the word, which R. Williams also draws on (Williams, 2012, pos. 2446-2449, note 6, chapter 4)). In other words, if indeed problem-definition-and-solution warrants 'correctness', it does not warrant 'truth' (as per M. Heidegger's understanding), however matter-of-*fact*ly fitting, operational or perfect the solution may be. Both from within and from beyond ourselves, the *problem-form* (Enframing) tends to veil its paradoxical dimension and, as such, besets a certain sense and experience of reality, i.e. it besets what M. Heidegger has called 'the ontological difference'; the humanly vital difference between *the fact of technology* (the ontic) and *its essence* (the ontological). In R. Williams' words, this is the crucial difference between 'technological change' and 'history' *not* as the

discipline, but as 'something' that works both from within and from beyond ourselves – a 'destining', as M. Heidegger put it in *The Question* –, such that *Retooling* ultimately consists in 'understanding *how history works* in an age dominated, if not determined, by technological change.' (Williams, 2002, pos. 35, emphasis added)

As has thus been stated in closing section 1, 'the potential tragedy here is not that of engineering [per se], but that of the larger world' (Williams, 2002, pos. 906); such that 'scalability' within the realm of engineering studies plainly seems to have acquired a paradoxical twist, which in turn demands that a paradoxical lens and mindset be pursued by engineering studies scholars. Insofar as 'a community is a social entity created in space through time' (Harvey, 1989, p. 204, cited in Williams, 2002, pos. 1722), space-time scarcities ultimately confront us with a 'crisis of the lifeworld': (Williams, 2002, pos. 1714-1759) i.e. a crisis of 'the commonsense world of experience – the world we encounter in everyday things and everyday practices.' (Williams, 2002, pos. 1742) 'The lifeworld', or rather our relation to it, is thus ultimately what needs to be 'retooled', as opposed to 'engineering' itself as a profession. Incidentally, it may well be that 'the profession formerly known as engineering' (Williams, 2002, pos. 849) or EER, for that matter, will best contribute to confronting the 'cultural paradox' (Williams, 2002, pos. 314) that lies beyond its own 'expansive disintegration' by 'accepting rather than resisting' (Williams, 2002, pos. 851) the movement. And it may well be that engineering studies is bound to eventually 'undercut [its] very [own] foundations' (Ingold, 1989, p. 57) in order to 'think engineering' in ways that fully acknowledge the paradox of 'expansive disintegration' as but an instantiation of Enframing: the essence of technology: the problem-form.

As such, the *problem-form* is ultimately construed as a way of clarifying Enframing under both its active and paradoxical traits (i.e. not merely as a framework), and as a way of thinking through-and-of engineering's 'expansive disintegration' while fully

acknowledging its fundamentally paradoxical character: that is, if the engineering professions are now undergoing ontological vertigo, is it not because the *problem-form* has in some sense turned on them, thereby diluting the paradigmatic boundaries of institutional forms that prevail nonetheless; thereby 'enframing' them?

3.4 Conclusions: *Retooling* from within *and* beyond catastrophe

At the outset of our article, we posited that in spite of *Retooling*'s general recognition within engineering education (broadly construed), the ontological dimension of R. Williams' account had largely remained unnoticed. This has amply been developed throughout. We proposed to mend this situation by conceiving of *Retooling* as an initial inquiry into engineering's changing claim, mode and scale of existence *as-a-whole*, but also, and correspondingly, into the potential societal implications of an ever more vacuous use of the words 'engineering' and 'engineer'. This was partly done in the first section by depicting the broad discussion-scape against which *Retooling* can, on the one hand, be conceived as a 'non-event', and on the other, be revealed as a tremendously insightful account of today's deeply paradoxical circumstances – well beyond engineering. This was pursued further in this last and third section through U. Beck's and M. Heidegger's thought: if indeed the words 'engineering' and 'engineers' are ever more vacuously used, is it not indeed fundamentally because engineering also – as precisely the field of professional activity driving technology forward – has become 'enframed'? Is this not what engineering's 'expansive disintegration' specifically entails, such that we may now safely say that *Retooling* can and should be interpreted more broadly – following Carl Mitcham's 2009 intuition – as an inquiry into the phenomenon of 'post-engineering'? (Mitcham, 2009, pp. 48-51) Yet in so doing, we have but brushed upon how such an avenue might be pursued and brought to fruition from now on, by-and-within engineering studies. Martin Heidegger's 'way of thinking' provided a powerful example of a paradoxical mindset amenable to engineering studies, but our hope is

that his and other "ways of thinking' paradoxically will be further pursued collectively. We have chosen U. Beck and M. Heidegger here in following R. Williams theoretical thread. But beyond the Zeitgeist thinkers upon which she rests her main claim, many other authors provide valuable insights into how a paradoxical mindset might be developed for the purpose of engineering studies – one of which is the French engineer and philosopher Jean-Pierre Dupuy.

As R. Williams illustrates while (in a way) partaking in her own illustration (Williams, 2012, pos. 1889-1972), time inevitably ends up running out in the face of crises when our attention remains 'fixed upon' controlling its stock and flow by means of fact-based problem-definition-and-solution. Yet time somehow restores along with 'community' – mysteriously and paradoxically – when disaster strikes under one form or another. Or as Jean-Pierre Dupuy rather puts it, temporality inverts when a catastrophic 'impossibility [suddenly transforms] into a possibility' (Dupuy, 2012, p. 586), that is, when an unexpected and bewildering sentiment of openness settles in the midst of terror. Recounting Henri Bergson's memory of the moment at which he learned that Germany had declared war on France, J.-P. Dupuy thus expresses how it is as though catastrophe leaves an 'impression of simplicity [that] outweigh[s] everything' (Henri Bergson, as quoted in: Dupuy, 2012, p. 586) even in the wake of disaster:

> In spite of my shock – H. Bergson remembered –, and my belief that a war would be a catastrophe even in the case of victory, I felt… a kind of admiration for the ease with which the shift from the abstract to the concrete has taken place: who would have thought that so awe-inspiring an eventuality could make its entrance into the real with so little fuss? (Henri Bergson, as quoted in Dupuy, 2012, p. 586)

As J.-P. Dupuy further distills H. Bergson's sentiment:

> The worst horror has now become possible, one sometimes heard it said. If it *has become* possible, then it was not possible before. And yet, common sense objects, if it happened, then it must have *been* possible. […] War then appeared to Bergson "*at one and the same time* as probable and as impossible: a complex and contradictory idea, which persisted right up to the fateful date." In reality, Bergson deftly untangles this apparent contradiction. The explanation comes when he reflects on the work of art: "I believe it will ultimately be thought obvious that the artist *creates the possible at the same time as the real* when he brings his work into being," he writes. One hesitates to extend this reflection to the work of destruction [which for example took place on September 11th 2001]. And yet, it is also possible to say of the terrorists that they created the possible at the same time as the real. Catastrophes are characterized by this temporality that is in some sense inverted. As an event bursting forth out of nothing, the catastrophe becomes possible only by 'possibilizing' itself […]. (Dupuy, 2012, p. 586)

Time restores, then, as we realize the kind of control we *do* have within our reach today, i.e. when this kind of control, strangely but inextricably tied to a sort of acquiescence, unexpectedly reveals itself to us through a cruel twist of fate. This kind of control is utterly different than the one we have come to seek through Enframing's compelling and blinding claim: that is, through the *problem-form* as yet unconcealed, and so as yet concealing its paradoxical configuration. 'Man's obliviousness to that claim is itself a manifestation of the rule of Enframing' (Lovitt, in Heidegger, 1977, p. *xxxiii*) – W. Lovitt writes –, yet such a rule 'is never a blind fate that simply compels man from beyond himself' (Lovitt, in Heidegger, 1977, p. *xxxiii*) : the kind of control we do have within our reach today draws on what M. Heidegger has called the 'ambiguous' essence of technology – i.e. on what we have called the *problem-form* –, but only insofar as the extreme danger that it besets us with (the paradox) is fully acknowledged and looked straight into.

> The danger 'is the saving power',' (Lovitt, in Heidegger, 1977, p. *xxxv*) but 'that is not to say that it is something immediately accessible. *Unconcealment is simultaneously concealment*. […] The truth of modern

> man's situation [i.e. Enframing] is a revealing that comes upon him, but it comes upon him veiled. (Lovitt, in Heidegger, 1977, p. *xxxiv*)

Borrowing Y. Barel's expression, we might perhaps even say that Enframing (the *problem-form*) is 'social invisibility' under its most radical form, (Barel, 1982; Barel, 1989) such that the question arises of finding out how we might come to 'experience the technological within its own bounds' before – rather than in spite of – the occurrence of catastrophic events. However challenging this surely would be, it is our belief that engineering studies scholars are perfectly positioned to contribute to such an effort. A paradoxical lens can provide insight into such questions through the perplexing and yet revealing tension/opposition that ontologically binds problem and paradox. This has been our central argument. From this point on, as Jean-Pierre Dupuy puts it:

> The obstacle [that keeps us from acting in the face of catastrophe] is not uncertainty, scientific or otherwise; it is the impossibility of believing that the worst is going to occur. Even when it is known that it is going to take place, a catastrophe in not credible. (Dupuy, 2012, p. 577)

3.5 Épilogue de l'article 2

À l'issue de ce troisième chapitre et juste avant de conclure cette première partie de la thèse, il convient de ramener à l'avant-plan deux traits particulièrement signifiants de l'*Arraisonnement* (*Enframing*) heideggérien – qui est l'essence de la technique –, eu égard au modèle de la « forme-problème » dont il permet centralement d'articuler la dimension paradoxale (de fatalité) : soit 1) le *caractère éminemment actif* et *contagieux* de la disposition de l'être qu'il constitue, lequel caractère tend à provoquer l'adhésion spontanée, à enfermer dans une impression de liberté infinie (de pure potentialité), et donc, en un sens, à envouter, tant sa puissance symbolique est forte et apte à induire la circulation du sens en toute circonstance; et 2) le double mouvement par lequel il *dévoile* le monde en même temps qu'il *se voile* (ou se cache)

en tant que ce qui concourt au dévoilement, de sorte qu'il en vient à disparaître et à aller de soi, tout autant que le monde ainsi dévoilé paraît de plus en plus ne pas pouvoir être autrement.

Sous le premier trait, à l'échelle collective, cet envoutement serait tel – peut-on penser – qu'il s'avère de nos jours « impossible de croire que le pire se produira. » (Dupuy, 2012) En vertu des connaissances scientifiques actuellement à disposition, tout indique de plus en plus que l'inévitable se prépare, mais cet inévitable reste impensable (Dupuy, 2002; 2008; 2012), même apparemment pour les mieux informés et les plus mobilisés. Ainsi, à l'automne 2018, dans la foulée de la publication par le le *Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat* (GIEC) de son rapport spécial sur le réchauffement de 1,5 °C, un vent de mobilisation généralisée se met apparemment à souffler au Québec et ailleurs; des alliances inusitées se tissent et un discours résolument optimiste se construit très rapidement, dont d'éminents scientifiques en matière de changement climatique se font les porte-paroles : « la science nous dit [...] qu'il est technologiquement, humainement et économiquement possible de limiter le réchauffement de la planète. *La solution* passe par la volonté politique. Nous voulons passer de la parole aux actes! »[42] Un texte de Yanick Cyr, publié sur le site de Radio-Canada le 7 novembre 2018, rapportait ainsi les paroles du Dr. Catherine Potvin – professeur au département de biologie de l'université McGill et directrice de la *Canada Research Chair in Climate Change Mitigation and Tropical Forest* – et celles de Normand Mousseau – physicien et directeur académique de l'Institut de l'énergie Trottier (IET), auteur de... :

---

[42] Tiré du site web « Le Pacte pour la Transition » : < https://www.lepacte.ca/ >, page consultée le 12 décembre 2018. Accent ajouté.

> [Pour Catherine Potvin] 'Nous avons actuellement les technologies et la science pour amorcer la transition. C'est un problème social, politique, économique qui a besoin de tout le monde.' Cette transition peut s'effectuer sans que l'économie en souffre, selon les deux scientifiques. 'Notre compétitivité économique va bénéficier d'être à l'avant-garde du mouvement. Donc il y a simplement à mobiliser nos connaissances.'
>
> [Pour Normand Mousseau] 'Les coûts ne cessent de diminuer pour agir. On n'a pas de barrière économique, pas de barrière technique. On a une barrière sociale, psychologique qu'il faut franchir, et dès maintenant.'[43]

À travers de tels discours, c'est cependant la dimension paradoxale du changement climatique qui se trouve niée et occultée... et la fatalité collective qui se voit unidimensionnalisée et évacuée. Nous verrons au chapitre 5 à quel point une telle attitude engage apparemment les collectifs à différentes échelles dans une fuite en avant sur le plan des enjeux de l'urbanisation, alors même que ceux-ci s'évertuent à en enrayer les effets.

Sous le second trait – par lequel l'*Arraisonnement* et donc la « forme-problème » (tel que je l'avance) *dévoilent* le monde en même temps qu'ils *se voilent* (ou se cachent) *en tant que ce qui concourt au dévoilement* –, nous retrouvons (comme au chapitre 2) le double mouvement d'une potentialité qui se dédouble et prolifère en enfouissant son propre « mécanisme ». C'est par un tel « mécanisme » – peut-on penser –, que le découplage s'opère entre la potentialité et le personnage de l'ingénieur qui en incarne le moteur. À tel point que la continuité ne se perçoit plus entre les formes (connotations) de la potentialité et la « forme-problème » qu'elles engagent toutes à leurs racines : par exemple, en matière de politiques de protection de l'environnement,

---

[43] Cyr, Yanick (le 7 novembre 2018). « 500 personnalités appellent les Québécois à s'engager pour le climat. » Radio-Canada. En ligne : < https://ici.radio-canada.ca/nouvelle/1134458/quebec-changements-climatiques-pollution-pacte-transition >, page visitée le 7 novembre 2018.

l'on tend à opposer assez strictement les approches « top down » et les approches « bottom up » en associant les premières à des solutions d'experts inféodés, et les secondes aux solutions « appuyées par des initiatives locales », et donc « qui peuvent l'emporter » (voir par ex. Larrère, 2003, p. 24; voir aussi Capprotti et al. 2017). À la base, cependant – tel que je l'ai ici avancé –, il importe sans doute surtout d'envisager les contraires comme relevant du même « lieu-source » des significations, pour ainsi mieux se disposer face une fatalité à envisager par-delà le caractère dramatique qu'elle comporte effectivement dans l'immédiat, pour le collectif concerné. C'est en ce sens, par exemple, qu'il faut comprendre la proposition qui est faite à la communauté des chercheurs en *Engineering Studies* de laisser l'ingénierie se désintégrer et s'étendre à la fois, en consentant ce faisant et même en devenant soi-même le vecteur de sa propre perte (d'extériorité) :

> As it therefore appears, society-as-a-whole may well be to social anthropology what engineering-as-a-whole is now to engineering studies, such that a critic's posture now would find itself captive in its own hands – so to speak. And indeed, insofar as 'scalable scholarship in engineering studies [treads a line] between experiences of co-optation and resolute pessimism,' (Downey, 2009, p. 58) the critical motion's scholars also 'live perilously on an intellectual knife-edge.' (Ingold, 1989, p. 57) In much the same way as social anthropology with respect to 'society', the engineering studies scholarship 'is a relatively recent *product* of a certain way of imagining and thinking about [engineering] which has a long pedigree in the history of Western thought,' (Ingold, 1989, p. 57) such that to 'think engineering' in other ways is also bound to eventually 'undercut the very foundations of' the field. (Extrait repris de la page 215)

II. CONCLUSION DE LA PREMIÈRE PARTIE

LA « FORME-PROBLÈME »

À l'issue de cette première partie, les différents éléments sont donc rassemblés pour pouvoir proposer un modèle du paradoxe de la « forme-problème ». Nous l'avons évoqué, la « forme-problème » est en soi indissociable de la « forme-modernité » dont Richard Déry (2009) nous fournit les éléments constitutifs, ainsi que les relations qui les unissent entre eux et au Tout (voir la Figure II.1).

> L'architecture ontologique de toute société prend la forme d'un tétraèdre où les trois pôles que sont la nature, la culture et l'humain en constituent le socle. [...] Toutefois, pour que le plan prenne forme, gagne en volume et que, du coup, le triangle se mue en tétraèdre, il y manque l'essentiel, c'est-à-dire la conscience ou plus prosaïquement l'opérateur cognitif qui, par sa seule présence, charge chacun des pôles du socle fondateur d'un sens particulier. Ainsi, selon que l'opérateur se fait magie, tradition ou raison, les pôles du socle sur lequel la société s'érigera auront une matérialité toute singulière. (Déry, 2009, p. 7)

Prenant bien soin de spécifier le caractère idéal-typique de la forme qu'il dépeint, il appelle donc le système encore indifférencié que constituent les éléments en relation : « le socle fondateur » ou « l'architecture ontologique de toute société » (Déry, 2009, p. 7). Et le Tout, changeant, qui donne au système sa forme vivante et spécifiée – soit prémoderne, moderne, postmoderne ou hypermoderne –, il l'appelle « la conscience »

collective d'un temps (Déry, 2009, p. 7). L'on y reconnaîtra les quatre mondes sociaux qui ont servi de point de départ pour modéliser l'axe de la potentialité au chapitre 2. Dans le monde prémoderne, c'est le Divin et la Tradition qui injectent du sens dans le socle fondateur tout en lui conférant son volume; dans le monde moderne, c'est le Sujet et la Raison; dans le monde prémoderne, c'est le Rhéteur narcissique et le Discours; et dans le monde hypermoderne, c'est la Réflexivité.

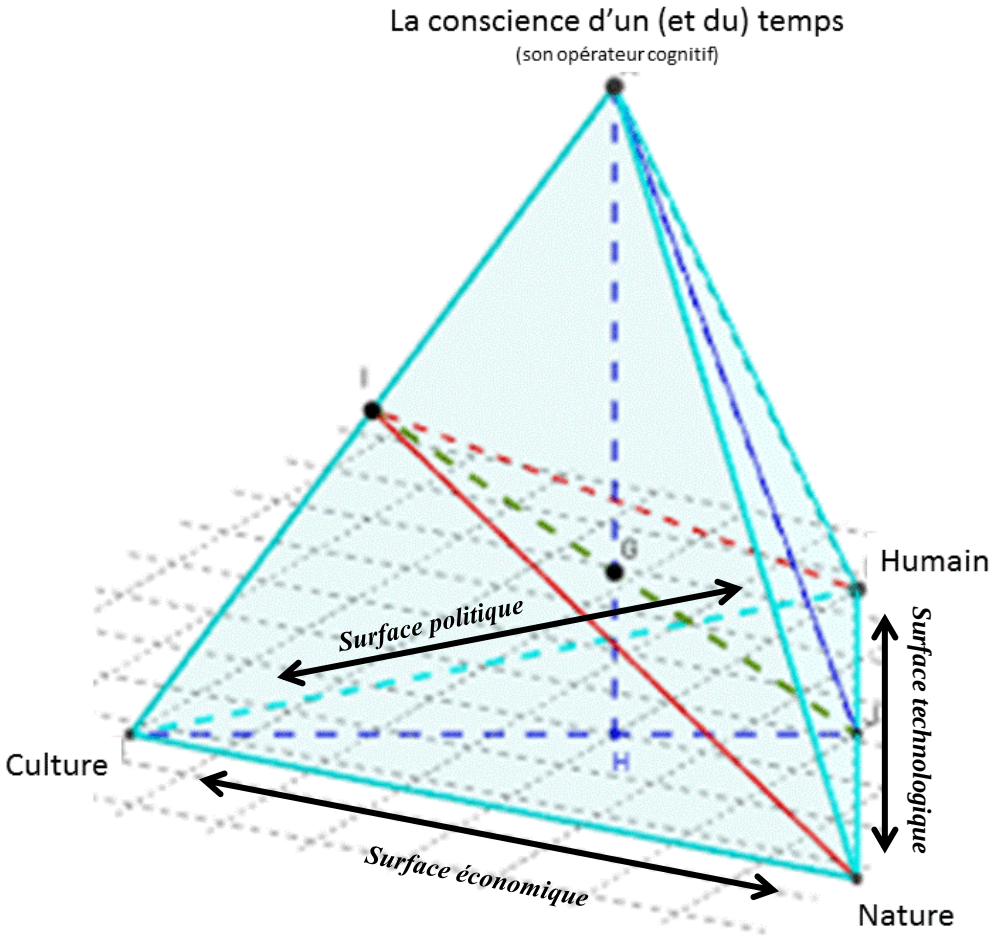

Figure II.1 L'Architecture des mondes sociaux (selon Déry, 2009)

Finalement, suivant la projection deux-à-deux des pôles du socle ontologique vers le haut du tétraèdre, sous l'influence de l'un ou l'autre de ces opérateurs cognitifs,

s'érigent les « trois surfaces de jeu » des mondes sociaux, « qui sont autant de territoires à comprendre et à transformer, à savoir, l'espace politique, économique et technologique. » (Déry, 2009, p. 9) Ainsi, et tel que nous l'avons par ailleurs considéré jusqu'ici, « effondrement et transmutation sont [...] les deux potentialités contenues dans le jeu décisif de l'opérateur cognitif » (Déry, 2009, p. 9) :

> Si le drame sociétal est toujours tragique, sa trame dominante est parfois politique, tantôt économique et souvent technologique. Elle est politique lorsque l'opérateur croise la culture avec l'humain et, par-là, s'interroge sur la nature du lien social. Elle prend un relief économique avec la rencontre de la culture avec la nature et que, du coup, se pose la difficile question des arrangements institutionnels requis pour pleinement tirer profit des ressources rares qu'offre la nature. Enfin, la trame dramatique se fait technologique lorsque l'opérateur cognitif combine la nature et l'humain et se forge les outils et techniques requis pour sa survie. (Déry, 2009, p. 9)

En nous remémorant la fin du chapitre 2 (cf. Tableau 2.4), l'on peut donc dire que l'axe de la pure potentialité émergé entre le XVIe et le XVIIIe siècle s'est étendu au fil du temps, en se sophistiquant, depuis sa surface technologique d'origine vers la surface politique, en passant par la surface économique; et que c'est au point de passage vers le politique (lors du transit post-moderne) que l'axe de la pure potentialité s'est résolument découplé d'avec le personnage de l'ingénieur pour s'incarner désormais de manière plurielle, et notamment à travers des figures diversement porteuses de projets critiques de la technoscience et de la figure de l'expert qu'incarne à ce jour l'ingénieur.

Ainsi, la « forme-problème » doit d'emblée être conçue comme une forme dans la « forme-modernité »; mais plus encore, elle doit être envisagée comme *la* forme d'un mouvement *continu* en son sein, c'est-à-dire comme l'invariant de la « forme-modernité » ou ce par quoi et à travers quoi la conscience moderne se transforme *en continu*, tout en créant cependant des *effets de ruptures* qui en viennent à caractériser

des types de mondes sociaux nouveaux (voir la Figure II.2, plus bas). Car s'il y a effectivement changement dans la « forme modernité » telle que Déry (2009) la conçoit (cf. Figure II.1), le mouvement s'y incarne plutôt de manière saccadée : on y perçoit surtout la structure (tel qu'il l'écrit d'ailleurs explicitement), ou l'architecture commune de sociétés modernes diversement imbriquées des sens dominants (ces opérateurs cognitifs) qui ont émergés au fil du temps, en marquant ce faisant des lignes ou moments de rupture au sein même de la mentalité moderne. À l'inverse, la « forme-problème » marquerait donc la continuité au sein du mouvement moderne qui a cours depuis au moins deux siècles.

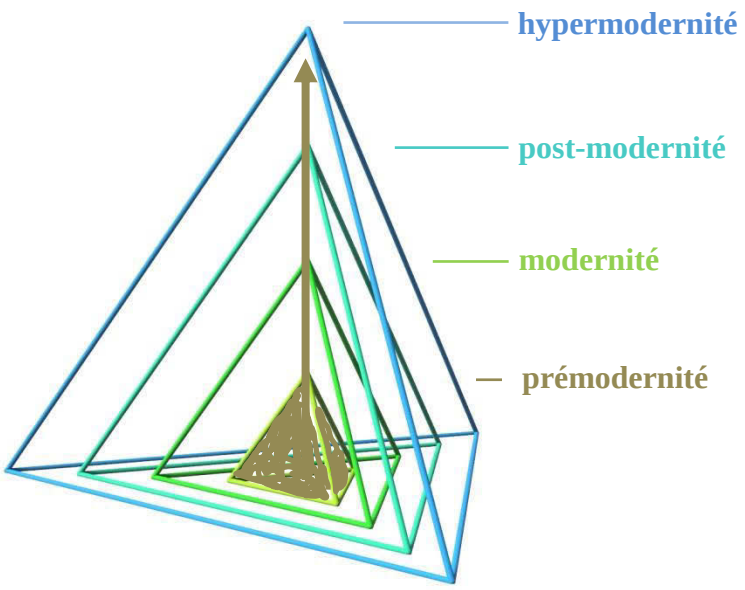

Figure II.2 : La « forme-problème » (en marron) en tant que source d'un mouvement continu dans la « forme-modernité » et modalité de sa dilation par imbrication progressive des sens modernes dominants

C'est en ce sens que la pré-modernité est ici considérée comme partie intégrante de la modernité : tel qu'évoqué au chapitre 2, la « forme-problème » s'y incarne déjà en acte à travers Vauban, notamment (cf. 2.2 et 2.3), et en théorie à travers le *Verum Factum* de Vico (cf. 2.8).

La « forme-problème » agirait en ce sens à la manière d'une poussée (ou d'une force) issue à l'origine de la tradition, et puissament apte à transcender les blocages du sens en opérant à répétition l'enfouissement de la pure fatalité par-delà les optiques toujours a priori saillantes (ou à découvrir) de la pure potentialité : c'est-à-dire en opérant à répétion « l'importation à l'intérieur de la société du lieu-source de ses significations » (Dumouchel et Dupuy, 1983, p 21). En tant qu'essence paradoxale de la technique (ou *Enframing*, tel que vu au chapitre 3), celle-ci engendrerait en somme l'illusion d'une capacité infinie des êtres humains à transcender les problèmes par la voie de solutions toujours possibles, à découvrir et à construire ensemble; c'est-à-dire qu'elle engendrerait l'invisibilisation de sa propre limite paradoxale, laquelle paraît pourtant de plus en plus saillante de nos jours, tel que nous le verrons dans la seconde partie.

Les Figure II.3 et Figure II.4, qui suivent, proposent des représentations complémentaires (quoi que très imparfaites) à la Figure II.2, en ce qu'elles y intègrent certains des éléments dégagés du chapitre 2 (cf. Tableau 2.4), qui n'avaient pas cependant été schématisés jusqu'à présent.

Dans la Figure II.3, c'est notamment le « double statut » du paradoxe dans le modèle de la « forme-problème » qui est explicité. Pour résumer l'argument défendu jusqu'ici, et la figure en question vise à clarifier, disons qu'il y aurait, d'une part, le paradoxe en tant que *concept*, lequel n'est pas moderne en soi, mais en serait venu à incarner la figure de l'insolubilité radicale en modernité (c'est-à-dire le contraire du « problème à résoudre »); et d'autre part, il y aurait le Paradoxe-phénomène, qui est le paradoxe de la « forme-problème », lequel s'attache aux racines du temps présent. Ce dernier paradoxe (fondamental, ou de l'Auto) aurait émergé avec la modernité en opérant la troncation à l'origine des sociétés dites modernes : à savoir, celle de la tradition, celui-ci étant ultimement un processus de symbolisation. C'est en ce sens que la notion de paradoxe est ici à la fois *ce qui intègre les contraires* (à travers la « forme-

problème », à un niveau méta- de réalité), et *l'un des contraires en soi*, en opposition avec le problème à résoudre.

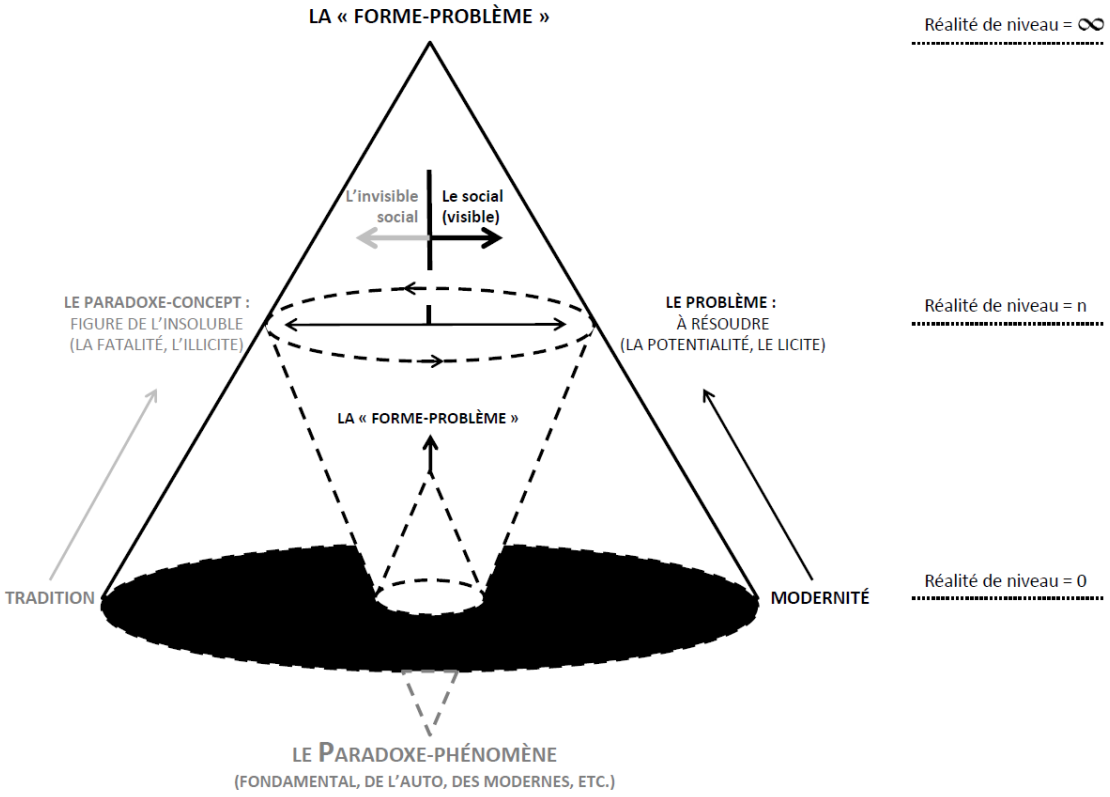

Figure II.3 : Clarification quant au « double statut » du paradoxe dans le modèle de la « forme-problème »

Dans la Figure II.4, en outre, la « forme-problème » apparaît plus explicitement comme une épaisseur appartenant à la fois à l'époque traditionnelle et à l'époque moderne, et agissant comme ce qui les unit l'une à l'autre. C'est à travers cette épaisseur fondatrice que la circulation du sens s'opèrerait à la racine des modernités, par le biais de la tension-liaison entre potentialité et fatalité : c'est-à-dire entre les catégories du *problème à résoudre* et du *paradoxe* – la première catégorie étant la face socialement visible et admise de la seconde, toutes deux étant cependant mutuellement constituées et mutuellement constitutives du réel moderne.

En dépit des lacunes nombreuses qui la caractérisent encore, la Figure II.4 schématise donc l'épaisseur du rapport entre tradition et modernité – tel qu'il est ici conçu – par le biais du paradoxe de la « forme-problème » qui les unit et les met en tension, injectant par le fait même la fatalité collective en tant que modalité nécessaire – bien qu'invisible et même impossible – de la potentialité collective au sein des modernités.

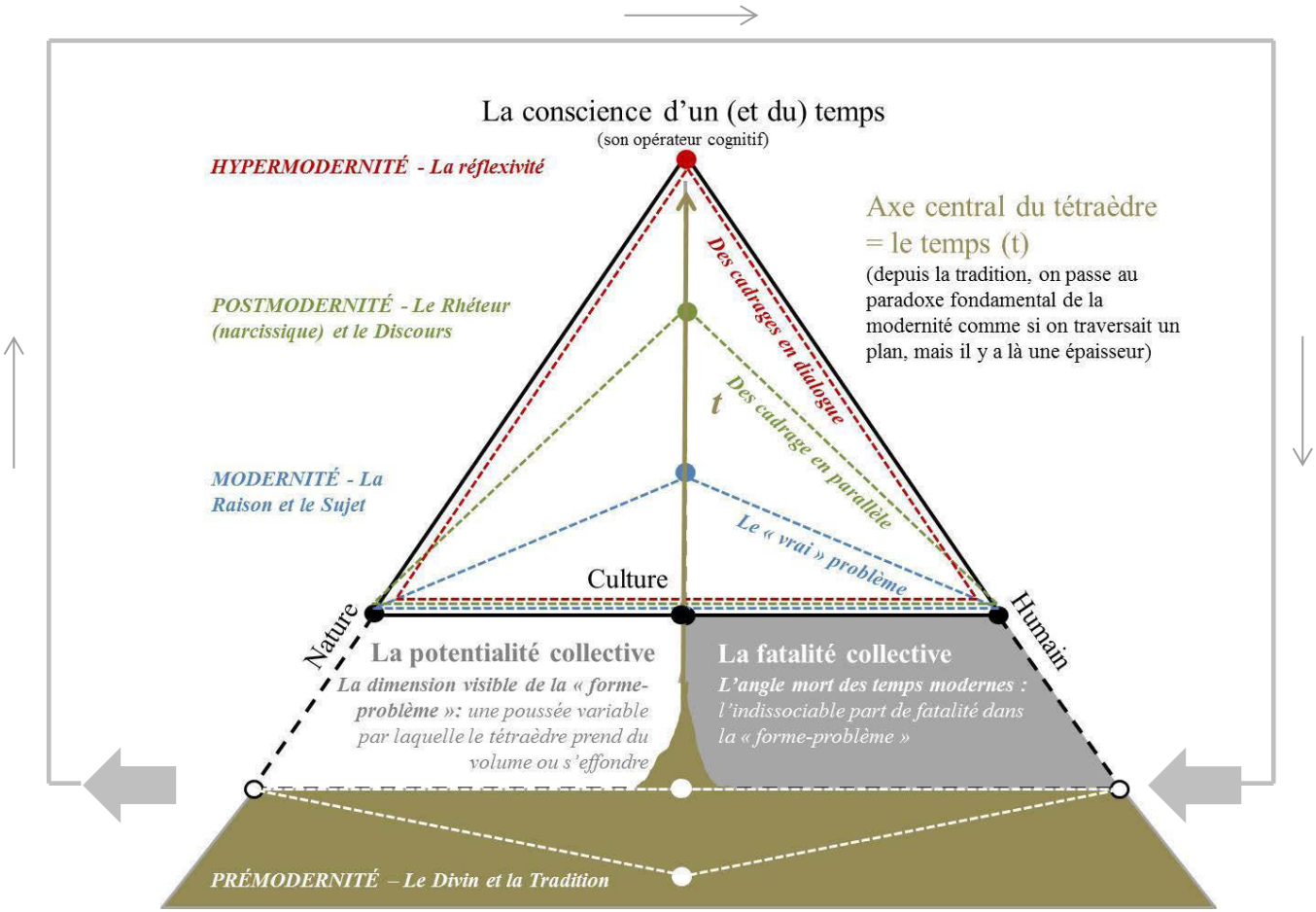

Figure II.4 : La « forme-problème » en tant que modalité des flux et des blocages du sens en modernité

III. DEUXIÈME PARTIE

MISES À L'ÉPREUVE ET ILLUSTRATIONS

Depuis le circuit électrique qui a servi de métaphore à la *circulation du sens* en première partie, je passe ici à la métaphore du programme informatique pour exprimer la dynamique de la saillance du paradoxe fondamental sous différente formes et en différentes circonstances – comme au sein de la communauté de l'ACV, ou celle du consensus « pro-urbain » –, à travers le modèle de la « forme-problème » : autrement dit, la métaphore du programme informatique permetd'exprimer le *blocage du sens moderne*, mais aussi (et surtout) sa remise en circulation par « l'importation à l'intérieur [d'un collectif donné] du lieu-source de ses significations » (Dumouchel et Dupuy, 1983, p 21). Ce que ne permet pas la métaphore du circuit électrique.

Dans un article de 2009, Jean-Pierre Dupuy illustrait ce mécanisme en interprétant la « crise » de 2008 et sa dynamique sous-jacente comme un phénomène d'autotranscendance. Je reprends ici son propos, tout en y imbriquant le mien entre crochets et en italique, afin de clarifier la nature du processus que vise à modéliser la « forme-problème » :

> L'économie tend à envahir le monde et nos pensées. Ce n'est donc pas elle qui nous donnera le sens de ce phénomène massif et extraordinaire [*que fut la « crise »*], puisqu'elle est à la fois juge et partie. Seul un regard

> éloigné, qui aurait réussi à se déprendre de l'économie, peut s'étonner de ce qui semble aller de soi au citoyen moderne, devenu intégralement, à son insu, *homo oeconomicus*. [...] Mon travail de ces trente dernières années en matière de philosophie de l'économie est guidé par la conviction que non seulement on doit rattacher l'économie à la religion [*et donc au* fait *du sacré en modernité – tel que je l'ai ici traduit –, par opposition à son processus*] si l'on veut en comprendre le sens, mais que l'économie occupe la place laissée vacante par le processus, de nature éminemment religieuse, de désacralisation du monde qui caractérise la modernité. [*Soit, plutôt, ce processus que je nomme : la « forme-problème », afin de mettre en avant le caractère sans cesse renouvelé et récurrent de ladite désacralisation. À la différence de Dupuy, j'avance donc que l'économie relève davantage de la statique, de l'architecture ou du fait du sacré en modernité, plutôt que du processus de désacralisation en soi. Dans le cadre de cette thèse, ce qui désacralise tout en invisibilisant son propre processus de sacralisation, c'est la « forme-problème »*.] C'est dans cette perspective longue qu'il faut inscrire le moment actuel. [...] Les commentateurs qui décrivent l'effondrement brutal de l'économie planétaire qui a marqué l'annus horribilis 2008 utilisent souvent des mots comme « séisme » ou « tsunami ». Nul n'y prête attention tant ces clichés sont devenus banals sous la plume des gens des médias. Il y a cependant quelque chose de choquant et de profondément vrai dans l'assimilation d'une catastrophe morale de cette ampleur à une catastrophe naturelle, quelque chose qui mérite réflexion. [...] La lucidité et le courage exigent d'admettre que le mal qui frappe le monde est aveugle et sans intention [...]. [...] Les uns et les autres se rassurent [*cependant*] en croyant trouver du sens à ce qui n'en a pas. [...] Tout se passe comme si les agents économiques étaient des marionnettes soumises aux caprices de divinités cachées. Cette crise est une crise du sens [*tout comme le changement climatique, tel que nous le verrons dans la partie 2, qui s'ouvre ici*]. Le désarroi qu'elle provoque est total. [...] L'économie, est-ce la violence, comme l'affirme une tradition qui va de Marx à la critique actuelle du capitalisme? L'économie, est-ce le remède contre la violence, comme le pense une tradition libérale, qui va de Montesquieu à Hayek? L'économie est-elle remède ou bien poison? (Dupuy, 2009, p. 342-347)

Dupuy répond que l'économie est à la fois le remède et le poison, tout comme la « forme-problème » – qui l'est peut-être plus fondamentalement encore, tel que je l'avance ici, en ce que la « forme-problème » incarnerait le mouvement en soi invisible de désacralisation-sacralisation du réel moderne, entre remède (potentialité)

et poison (fatalité), plutôt que l'un de ses aboutissements ou faits sacralisés (comme l'économie).

> Le sacré, c'est la « bonne » violence institutionnalisée qui régule la « mauvaise violence » anarchique, son contraire en apparence. Le mouvement de désacralisation du monde qui constitue ce que nous nommons la modernité est travaillé par un savoir qui s'insinue progressivement dans l'histoire humaine : et si la bonne et la mauvaise violences ne faisaient qu'un? S'il n'y avait pas au fond de différence? Comment ce doute, sinon ce savoir, nous est-il advenu? La réponse [...] à cette question est également bien connue, et ce n'est pas aux lecteurs de la revue *Études* que je vais l'apprendre : ces « choses cachées depuis la fondation du monde » nous ont été révélées par la Passion du Christ et les récits et interprétations qui en ont été donnés dans le Nouveau Testament.
>
> Ce n'est pas cette hypothèse bouleversante que je puis discuter ici, mais la question que l'anthropologie girardienne ouvre mais ne résout pas. Le travail de la Révélation détruit progressivement l'efficacité des systèmes sacrificiels et nous nous retrouvons seuls face à notre propre violence. Tel est le mauvais tour que nous joue le christianisme. [...] Comment expliquer alors que l'humanité n'ait pas, ou plutôt pas encore, connu tout entière le sort dont, probablement, d'innombrables collectifs humains, tout au long de l'histoire de l'espèce, ont fait l'expérience malheureuse : l'auto-annihilation par la violence intestine? (Dupuy, 2009, p. 348-349)

À cette question, Dupuy répond : par le caractère d'autotranscendance de l'économie moderne, qui correspond dans le cadre de cette thèse au fait du sacré en modernité.

> Dans un livre qui a maintenant trente ans, en compagnie du philosophe canadien Paul Dumouchel, j'ai répondu : l'économie est la continuation du sacré par de tout autres moyens. Comme ce dernier, elle fait barrage à la violence par la violence. Par l'économie comme par le sacré, la violence des hommes se met à distance d'elle-même pour s'autoréguler. Voilà pourquoi, comme l'a écrit Hegel, l'économie est « la forme essentielle du monde moderne », c'est-à-dire d'un monde mis en danger extrême par le crépuscule des dieux. (Dupuy, 2009, p. 349)

Mais cette forme moderne du sacré exige sans cesse d'être remise en forme, c'est-à-dire ici, sans cesse désacralisée et resacralisée. C'est ce type de *re*mise en forme, et donc en mouvement – en alternance avec la circulation du sens en régime permanent, pourrait-on dire, suivant l'axe de la potentialité – que doit aussi permettre de modéliser le cadre conceptuel de la « forme-problème » : soit celui de la *re*mise en circulation du sens après qu'il fut bloqué, et donc sa remise en extériorité par autotranscendance, après son blocage dans l'axe ordinairement invisible de la fatalité paradoxale. La « crise » économique de 2008 peut en ce sens être conçue comme un tel blocage. Mais de tels blocages sont nombreux : ils adviennent pour ainsi dire chaque jour, à l'échelle de collectifs modernes beaucoup moins influents et étendus, de sorte qu'ils sont pour la plupart beaucoup moins largement et tragiquement ressentis et médiatisés. À chaque fois, cependant – et ce, peu importe l'échelle du collectif –, la métaphore du circuit électrique ne suffit plus : lorsque le « courant » cesse de circuler, c'est-à-dire lorsque le sens disjoncte et que la limite paradoxale de la « forme-problème » est atteinte, quelque chose se passe qui permet au sens de se remettre à circuler – de s'autotranscender – à travers du paradoxe. C'est là une dynamique importante, que la « forme-problème » doit aussi permettre de modéliser. Suivant le blocage (ou la disjonction) du sens dans l'axe de la potentialité (ou du « problème à résoudre ») et sa remise en circulation dans l'axe de la fatalité (ou du paradoxe), nous dirons donc que le retournement paradoxal de la « forme-problème » en vient éventuellement à incarner une *ligne de fuite*, mais dont les potentialités sont imprévisibles.

À travers la ligne de fuite que constitue le paradoxe, l'axe de la potentialité continue donc en quelque sorte d'exister en puissance, mais il ne relève plus du contrôlable, du visible, et du prévisible que lui confère les modalités typiques du « problème à résoudre ». Corollairement, la fatalité qui lui correspond et la constitue n'est pas le désespoir total qui mène à la panique (comme en ce moment, au sein des modernités) ni le seul espoir auquel on puisse s'en remettre (comme jadis, au sein de la tradition).

À travers le paradoxe de la « forme-problème », la fatalité en vient en somme à se fondre dans la potentialité; elle y acquiert en quelque sorte une épaisseur et une existence qui ne correspondent à aucune des catégories dont nous disposons *normalement* pour comprendre et exprimer le réel – la plupart des catégories d'usage commun étant binaires, et donc non-paradoxales, ou sinon, pressées de le devenir. Cette fatalité n'est donc plus traditionnelle ni ne devient vraiment moderne : paradoxale, elle se présente plutôt comme l'occasion d'un choix politique terrifiant, mais de plus en plus inévitable, quant à notre manière d'envisager notre rapport au temps et à l'avenir (Dupuy, 2002, pp. 139-172); ou encore comme une impasse dont on pourrait à l'infini, et aveuglément, nier l'existence réelle.

Cette fatalité d'un genre « nouveau » – c'est-à-dire d'un genre moderne, paradoxal – serait donc celle qui se perçoit lorsqu'un collectif est confronté à un choix tout à la fois déchirant et déterminant de sa survie : soit celui d'admettre, ou non, l'inévitabilité de plus en plus certaine de sa disparition, comme les professions d'ingénieur face à l'« expansion désintégrative », ou l'humanité face à l'urgence environnementale. En surface, ce choix revêt l'apparence d'un dilemme d'action : il oblige le collectif (ou ses représentants) à trancher absolument entre le modèle du « problème à résoudre » (comment survivre collectivement à la crise?) et son contraire, le paradoxe (comment collectivement faire face à la « mort »?) – qu'il exclut par omission spontanée, puisque le dilemme se vit et se définit en dehors du principe d'unité des contraires. À la racine, cependant, le choix ne relève pas du dilemme, puisqu'il n'oblige pas le collectif à trancher entre deux options mutuellement exclusives, mais bien à reconnaître (ou non) le caractère paradoxal de la contradiction injonctive – c'est-à-dire l'interdépendance des contraires en présence. Autrement dit, le choix n'est pas entre deux contraires : le collectif n'a d'autre option que celle de s'autotranscender, mais bien entre des niveaux de réalité (cf. Figure II.3). Mais puisque la capacité d'autotranscendance des collectifs modernes a elle aussi vraisemblablement ses limites – lesquelles sont soit reconnues en tant que physiques,

comme les limites planétaires (cf. chapitre 4), ou méconnues et ignorées en tant que métaphysiques, comme les limites à l'urbanisation (cf. chapitre 5) –, la fatalité paradoxale ne fait pas qu'emprisonner : elle donne *ultimement* la possibilité d'admettre l'insolubilité radicale d'une conjoncture complexe, ou encore (avec Hakey) d'admettre l'existence d'« ordres spontanés » qui résistent à l'organisation collective. C'est de cette fatalité imbriquée de nouvelles potentialités (inconnues, imprévisibles, incontrôlables) dont rend compte le Paradoxe de la « forme-problème », *son pôle du paradoxe* incarnant illicitement et invisiblement la figure de l'insoluble en modernité, alors même qu'*au pôle opposé, le problème à résoudre* nous apparaît comme le ressort unique et infirni de la potentialité. C'est en ce sens, donc, que les contraires (ou pôles) de la « forme-problème » sont fondamentalement liés; qu'ils peuvent et doivent être conçus comme ontologiquement interdépendants; et qu'ils se constituent mutuellement, tout en constituant (à un niveau supérieur) le Paradoxe qui les intègre.

Suivant le langage et la métaphore de la programmation informatique, nous dirons donc que face à la saillance paradoxale – c'est-à-dire lorsque le sens collectif se bloque ou se perd –, le « code-source » au fondement de l'époque moderne entre dans une « boucle infinie » : c'est-à-dire ici, en l'occurrence, dans une course en avant de la « forme-problème ». En gros, ce que l'univers de la programmation informatique permet de traduire, c'est la *perte d'extériorité* que la « forme-problème » fini inévitablement par engendrer au sein des sociétés modernes, mais qu'elle permet aussi à l'inverse, et *en apparence*, de restaurer sans limite. En apparence, donc : car l'infini possibilité d'autotranscendance que revêt en surface la « forme-problème » voile le fond paradoxal qui lui confère sa puissance symbolique et sa portée métaphysique. Autrement dit, sans le Paradoxe fondamental qui constitue et que recèle la « forme-problème », la capacité d'autotranscendance qui caractérise les sociétés modernes, et à laquelle nous croyons tant et si fermement (individuellement et collectivement) ne releverait pas du domaine des possibles. À l'échelle des collectifs modernes, l'on croit diversement pouvoir dépasser à l'infini les dérapages –

tout n'étant à la base qu'une question de problématisation judicieuse –, ou alors l'on ne parvient tout simplement plus à ressentir les choses autrement que suivant l'axe de la potentialité, l'alternative fataliste étant (ou paraissant) tout aussi désuète que désespérante.

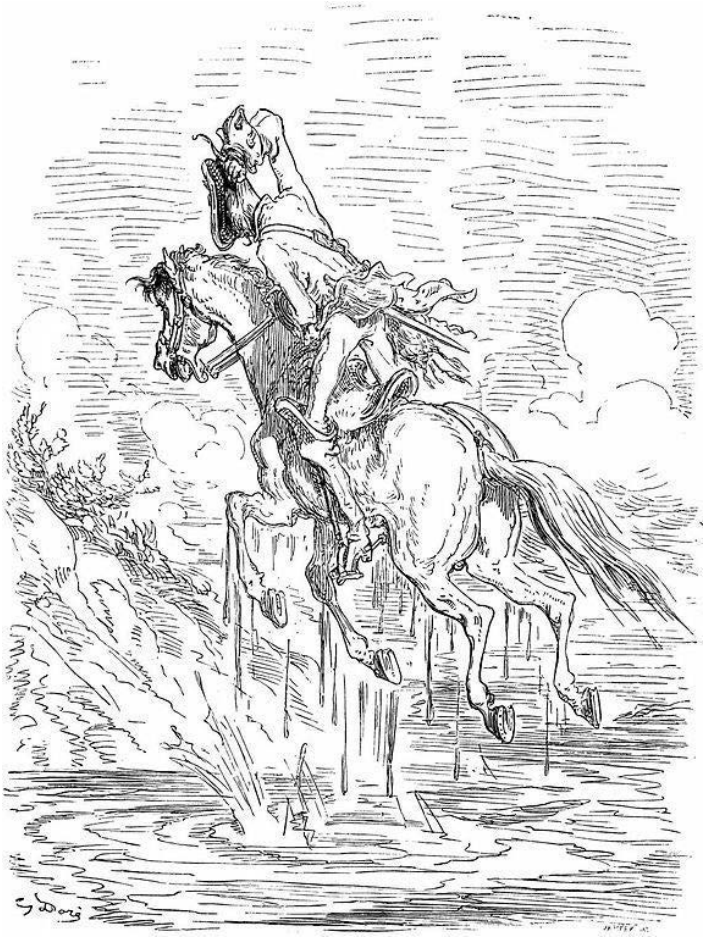

Figure III.1 : « The bootstrap idiom », très populaire en informatique, et sa figure mythique dans le baron Münchhaussen

En informatique, lorsque le programme boucle ainsi à l'infini, c'est que le code inclut une structure erronée de programmation. L'une des solutions possibles et bien connues consiste à commander depuis l'extérieur l'arrêt des opérations (Ctrl-Alt-Del). Cette option ne s'offre toutefois pas lorsque l'erreur se présente au niveau plus

fondamental (plus englobant, ou engogène) du système d'exploitation. C'est alors qu'une mesure de contingence permettant au système de *s'en tirer* seul devient nécessaire : l'on parlera typiquement d'un « code reboot » déjà programmé à l'intérieur du système, ou d'un « rebooting » automatisé, et plus particulièrement ici, l'on parlera de « bootstrapping ».

> Par quelques détours mystérieux, sans doute au travers de la mécanique quantique et l'émigration de savants allemands aux États-Unis, l'image et l'expression anglaise en sont venues à faire partie du langage courant, pénétrant entre autres domaines l'informatique. Il y a *bootstrapping* lorsqu'un programme active un programme plus complexe que lui. Dans le jargon des informaticiens, on « boot » son ordinateur en lançant son système d'exploitation. (Dupuy, 2008, p. 9, note 1)

C'est donc ici que la métaphore prend tout son senspuisque, tel que l'expose Dupuy dans *La marque du sacré*, l'expression se lie mystérieusement à la figure du baron de Münchhaussen de Rudolph Erich Raspe (1786) dans *Les Aventures du baron de Münchhaussen.* L'expression anglaise *bootstrap* traduit l'exploit du baron qui, tombé dans un marais avec son cheval, « réussit, dit-on, à s'en extraire en se tirant *lui-même* par les cheveux ou, dans une autre version, par les lanières de ses bottes. » (Dupuy, 2008, p. 9)

> Il avait sans doute trouvé le moyen de se dédoubler, la main qui empoignait une partie de son corps, appartenant pour ainsi dire à son *alter ego*. Un tel prodige, nous le savons, est impossible, mais il n'en reste pas moins que les groupements d'humains, eux, ont su accomplir un exploit similaire. C'était probablement la condition pour qu'ils deviennent société. (Dupuy, 2008, p. 9)

C'est-à-dire pour que « l'auto-annihilation par la violence intestine » ne triomphe pas d'eux.

Ce que j'ai avancé jusqu'à présent dans cette thèse, et que cette seconde partie s'affaire à illustrer, est qu'un tel prodige s'accomplit presque banalement tous les jours, pour ainsi dire, puisqu'il est le propre (du paradoxe) de la « forme-problème » ne s'affichant cependant la plupart du temps que sous le jour de la pure potentialité. C'est en cela, précisément, que la « forme-problème » peut être conçue comme le *processus* ou *mouvement* du sacré en modernité. En commun entre l'État, l'économie, la technoscience, la technologie, ou même la (dé)construction sociale... il y aurait en somme le paradoxe (saillant ou latent) de la « forme-problème ».

CHAPITRE IV : ARTICLE 3

AUX LIMITES CONTEMPORAINES DE LA « FORME-PROBLÈME » : LES MODALITÉS MULTIPLES DE LA DISSONANCE EN ACV, ET SA POSSIBLE RE-SYMBOLISATION

L'un des traits les plus inquiétants de la vie intellectuelle du temps présent est la façon dont l'irrationalisme est si largement soutenu, et les doctrines irrationalistes considérées comme admises [...], l'une des principales composantes de l'irrationalisme moderne [étant] le relativisme (la doctrine selon laquelle la vérité est relative à notre arrière-plan intellectuel ou cadre de référence : selon laquelle elle peut changer d'un cadre de référence à un autre). [...] Les partisans du relativisme nous proposent des normes de compréhension mutuelle qui sont élevées de façon irréaliste; et quand nous échouons à rencontrer ces normes, ils proclament que la compréhension est impossible. [...] Cet article se propose de mettre au défi le relativisme au sens le plus large. Il est important de présenter un tel défi. Car aujourd'hui, l'escalade croissante dans la production des armes fait dépendre presque totalement la survie de la compréhension mutuelle.[44]

- Karl Popper, 1972

[44] Popper, K. (1972). Le mythe du cadre de référence, p. 13 et 14.

ARTICLE TITLE

Between scientific orthodoxy and informal epistemology: how is the tension between LCA Knowledge and Purpose resolved in practice?

ARTICLE STATUS

Submitted to *Journal of Industrial Ecology*

ABSTRACT

At the turn of the century, a debate about subjectivity emerged within the field of environmental Life Cycle Assessment (LCA). At the heart of the "value debate", laid the question of how to cope with purpose – i.e. the newly exposed prevalence of value-laden choices within LCA – without compromising the tool's building recognition and scientific credibility. Today, it appears as though a tension between knowledge and purpose within LCA practice is still rampant, yet the matter remains virtually unaddressed. Drawing on a rich corpus of interviews, the present paper takes this unresolved issue as its object of inquiry. Following an in depth qualitative analysis based on principles of grounded theory, a theoretical framework (i.e. a typology) is proposed whereby LCA's dissonance space reveals as much more than a mere compromise between the terms in tension: namely Knowledge and Purpose. An informal epistemology also emerges, which we propose to understand as an implicit re-symbolization of LCA knowledge.

KEY WORDS

Epistemology, life cycle assessment (LCA), knowledge, purpose, dissonance, paradox

4.1 Introduction: the double life of LCA

The Industrial Ecology (IE) paradigm has historically crystalized around a handful of analytical concepts and approaches – i.e. "the tools of the trade,"[45] as Graedel and Lifset (2016, 6) recently summed it up –, *merely one* of which has been environmental Life Cycle Assessment (LCA). Or as Clift and Druckman (2016, xv) more elegantly put it in their recent introduction to *Taking Stock of Industrial Ecology*: "From the first recognition of industrial ecology as a way of thinking, Life Cycle Assessment has been one of its basic tools." Yet over time, LCA does seem to have acquired a special sort of status within IE, or perhaps more accurately stated: a double life.

Over the past two decades, what Matthews and Lifset (2007, 1) have called "the state of LCA in IE" has been the object of constant reappraisal (whether explicitly or not) by journal editors and contributors (e.g. Owens 1997; Ehrenfeld 1997; Hertwich, Hammitt and Pease 2000; Matthews and Lifset 2007; Anex and Lifset 2014; Gloria et al. 2017). So notwithstanding the definitely instrumental character of LCA within IE, a striking and most revealing feature of this relationship is that both have now evolved into their own –and at times even divergent – epistemic communities (Matthews and Lifset 2007). Up until the mid to late 1990s, IE and LCA have largely emerged and grown coextensively as formal academic endeavours (Guinée and al. 2011; Graedel and Lifset 2016), with LCA standing in rank (so to speak) as "one of

---

[45] In looking back on and historicizing IE's first decade, Graedel and Lifset (2016) identify Life Cycle Assessment (LCA), Design for the Environment, Material Flow Analysis (MFA), Socioeconomic Metabolism, Input-Output Analysis (IOA), Urban Metabolism, and Industrial Symbiosis as "the tools of the trade," i.e. as the field's own unique and built-in combination of "tools".

the core means by which IE seek[ed] to realize its 'systems perspective'." (Matthews and Lifset 2007, 1)

This last synergy remains undoubtedly strong until now, as many researchers still move fluidly between the two communities, thereby reasserting the fact that any sort of "description overstates the fuzziness of this boundary." (Matthews and Lifset 2007, 2) Yet one is also compelled to admit that IE's historical relationship to LCA has taken a peculiar twist: from among IE's constitutive concepts and approaches, LCA is the only one around which "a more sharply focused community" developed, "with its own [academic] journal and conferences" (Matthews and Lifset 2007, 2) and a thriving consulting industry (Graedel and Lifset 2016, 7). More importantly for us, however, LCA has arguably come to embody and perhaps even concentrate one of IE's most fundamental and self-defining questions: namely, "can industrial ecology be the 'science of sustainability'?" (Ehrenfeld 2004) Or perhaps most crucially, in the eyes of many: *how* can IE *actually* become such a science?

So although many industrial ecologists today would rightly consider that the full potential of LCA is drawn from using it as a part of a bigger, more pluralistic framework or model (e.g. Guinée et al. 2016; Pauliuk and Hertwich 2016, Gloria et al. 2017), we draw on the idea that LCA actually has a life of its own whereby it *also* partly seeks to become and be conceived as this "science of sustainability". In spite of all underlying contradictions this entails in practice, this double life is basically how "LCA remains today in the interesting position of being viewed as still in development as an academic tool [while at the same time being] widely employed in industry." (Graedel and Lifset 2016, 7) As may also be said of IE, "LCA's heightened prominence in the business world has exposed and intensified the field's internal debates" (Freidberg 2014, 2); and conversely, as may also be said of LCA, "there is

an inherent temptation [in beholding IE nowadays] to define political relevance as political innocuousness." (Cohen 2008, 83)

In light of these last considerations, this article's contribution is twofold. On the one hand, we overall contribute to the aforementioned effort of reappraising "the state of LCA in IE." Yet we do so by flipping the problem on its head, so to speak. So far, such reappraisals have mostly followed one out of two lines of argument, which have either aimed at:

1. Clarifying the mutually beneficial character of the IE-LCA relationship as well as LCA's proper place and role within IE (e.g. Ehrenfeld 1997; Matthews and Lifset 2007; Anex and Lifset 2014);
2. Relocating LCA's project within its own epistemological bounds: that is, at a distance from the ideal of natural sciences, and in closer adherence to what Ehrenfeld (2006) has framed as "the voice of advocacy", or Hertwich, Hammitt and Pease (2000) as "a more comprehensive concept of objectivity."

This article treads this second path. Contrastingly, however, it approaches the objectivity-advocacy binary from an empirical and qualitative point of view. That is, it heeds the words and subjective experiences of some those who, in varyingly identifying with the LCA community, have found themselves confronted with what we later conceptualize as a tension between *Knowledge* (k) and *Purpose* (P) in LCA. As such, they quite literally have found themselves forced to "resolve" or "transcend" this tension daily in order to carry on with their work – whether this work is more research, practice or management oriented. In addition to our first overall contribution, then, we also more specifically contribute by inquiring into the following question: *How is the unstated K-P tension resolved in practice by those in the LCA community? And how might such "resolutions" reflect on a community level?*

Drawing on the voices of those interviewed, a typology of tensions in LCA emerges, which may be conceived as a dissonance space in which individuals temporarily, yet recurrently find themselves trapped – as if they were caught in between LCA's *modern* scientific identity and a scientific identity *in the making*. We argue that this conceptual construct adds significant nuances and depth to the age-old, reductive and pervasive framing of "the environmental problem" (Heijungs, 1997) as a search for a *compromise* between (1) a socially dominant, yet unfeasible concept of science whereby objectivity should be sought at all cost; and (2) a context-sensitive mode of knowledge production whereby subjectivity should be embraced at all cost. Although this compromise takes highly varying forms nowadays – some of which conflict with each other (e.g. Pelvin et al. 2014; cf. Brandao et al. 2014) –, all indeed typically appear to entail and root in a compromise on the very language of science: that is, they use the actual words of science (its symbolisms) – i.e. as per the dominant representation of science: objectivity, uncertainty, etc. – in order to convey what they do differently than science (e.g. Hertwich, Hammitt & Pease, 2000; Bradshaw & Borchers, 2000). Yet such approaches – highly dominant well beyond LCA or IE – overlook the extent to which the words of science (and science itself as a word) have long been saturated with meaning (e.g. Chalmers, 1987; Andersen & Hepburn, 2016; Hansson, 2017).

In the next section, we define the K-P tension by revisiting a particular moment in LCA history: namely, "the value debate", which arose and took form in the last half of the 1990s. In section 3, we briefly go over the reasons for and benefits of adopting qualitative methods and data in order to inquire into our research question. Section 4 conveys the results of our inquiry as well as it discusses some their implications.

4.2 The Knowledge-Purpose Tension in LCA

Around the turn of the 20th century, just as the ISO 14042 standard on life cycle impact assessment would shortly be released or newly had been, the LCA community was taken by a longstanding, if newly salient debate on whether or not the method could exclude or at least isolate and rein in the underlying subjectivity it entailed at different points along its process (e.g. Owens 1997; Ehrenfeld 1997; Klöpffer 1998; Bras-Klapwijk 1998; Heijungs 1999; Hertwich et al. 2000; Tukker 2000; Finnveden 2000; Hertwich & Hammitt 2001; Schmidt & Sullivan 2002; Hofstetter 2002). At the heart of what came to be labelled as the "value debate" – albeit mostly in the International Journal of LCA –, rested the question of how to put up with the newly exposed prevalence of value-laden choices in LCA, without compromising the tool's building recognition and scientific credibility; but also and perhaps most fundamentally, without compromising LCA's untapped potential by throwing out the baby with the bath water (e.g. Ehrenfeld 1997; Hertwich et al. 2000). How would the "good" LCA knowledge *be demarcated* from the "bad" (and how would LCA *demarcate itself*) if not based on the "canonical" – if often implicit – standards of knowledge quality, which resonated both within science and in society at large: namely, those associated with *the* scientific method? Quite generally, "the scientific method" is represented, taught and learned (in textbooks and classes, but now also on educational web pages):

> … as a fixed four or five step procedure starting from observations and description of a phenomenon and progressing over formulation of a hypothesis which explains the phenomenon, designing and conducting experiments to test the hypothesis, analyzing the results, and ending with drawing a conclusion. (Andersen & Hepburn, 2016)

Roughly over the first half of the 1990s, an implicit understanding had indeed prevailed whereby lifecycle inventory calculation and impact quantification should be conceived and would eventually develop as entirely value-neutral procedures (Owens 1998). The fact that they could not *as yet* be carried out as such had thus become the main issue, as for most up until then there was little doubt that the issues of subjective choices and uncertainties would slowly recede into the background as methodology further developed. In other words, LCA intrinsically was considered by those practising and advancing it as a value-free endeavor: a science in the making. Within this paradigm, one basically aspired to objectivity with respect to modelling and strived to produce reproducible results reflecting actual environmental impacts for unbiasedly supporting policy design and decisions making (Consolie et al. 1993; de Haes and Jolliet 1999).

In several respect, such aspirations remain strong within today's LCA community, although a new compromise has been reached.

At the time, however, the "value debate" pivoted upon this last epistemology becoming both explicit and controversial. As it unfolded, a tension seemingly arose between LCA's science-based means to credibility and its underlying normative project. For those criticizing the historical view (sketched above), these two dimension could not now or ever be considered in isolation, as this would amount to holding the science in-and-of LCA as an end in itself (e.g. Ehrenfeld 1997; Hertwich et al. 2000). In other word, LCA could not be founded upon natural sciences' orthodoxy without it impeding upon or even jeopardizing its essential purpose: if LCA indeed derived from a desire to protect the environment and, as such, strive toward sustainability by way of sound decision-making and policy design, did it not also necessarily have to rest on values which had to be properly acknowledged and

built into the procedure? Did the value-laden purpose of LCA not need to inform the assessment of knowledge quality? For the sake of illustration, one might say that LCA results were thus conceived as purposeful theoretical constructs, rather than as objective facts, something which made the institutionalized ideal of knowledge barren to pursue.

Table 4.1 summarizes the two main epistemological postures in tension. Since then, a new compromise has settled whereby the inevitability of value choices within LCA is acknowledged, while at the same time being broadly conceived as detrimental. Within common standards and norms of practice, quality builds upon transparency and internal consistency, rather than on objectivity and external validity. Yet many firms keep on building their public image based upon the scientific truth claim which LCA has arguably come to symbolize in various degrees[46], somewhat in spite of the "value debate". And although the canonical ways of assessing knowledge quality in natural science (falsifiability of results, replicability of "experiment", etc.) are generally recognized as being unrealistic or even hampering for LCA, the classic notion of uncertainty remains along with its "true" reference value concept as the framework of choice to rely on and adapt for grounding robustness in practice, as well as it remains as a prime and legitimate ideal for research.

---

[46] As an extreme case in point, see for ex.: Cascades Inc. (Oct. 20th 2011). "Science has Spoken: Cascades Fine Papers has a Small Environmental Footprint," Press Release, online at: < https://www.cascades.com/en/media-centre/press-releases-and-news/press-release/2011/6213/science-has-spoken-cascades-fine-papers-has-a-small-environmental-footprint >, last visited: 2019-04-26; Cascades Inc. (Feb. 13th 2012). "Life Cycle Assessment (LCA)", YouTube publication, online at: < https://www.youtube.com/watch?v=7u5mQwREN6Y >, last visited: 2019-04-26.

Table 4.1 Main epistemological postures and projects in LCA

	Two Types of Epistemological Postures and Projects	
LCA	… as per the natural science ideal (e.g. SETAC 1993)	… as per the "science for policy" ideal (e.g. Funtowicz & Ravetz 1990)
The object of study (the product-systems)	Broadly conceived as belonging to the "real world", i.e. external to Life Cycle modellers/analysts; Facts and values can and should be strictly separated.	Broadly conceived as a "social constructs": inevitably based upon conventions (e.g. allocation rules) and subjective views; Facts and values cannot strictly be separated, but values should be made explicit as much as possible.
The *knowledge* production process (methodology)	Should be scientifically valid based upon criteria of external validity and objectivity; LCIA results are actual "environmental effects": they are verifiable and replicable in theory, if not (yet!) in practice; Quality = external validity = absence of value judgements.	Should be both « science-based », and speculative (values choices do not disqualify LCA knowledge, it increases its robustness); LCIA results are a "social construct": objectivity and the "true value" are barren ideals to pursue; Quality = internal consistency and transparency.
The purpose	1) "To provide as complete a picture as possible of the interactions of an activity with the environment; 2) To contribute to the understanding of the overall and interdependent nature of the environmental consequences of human activities; and 3) To provide decision-makers with information which defines the [actual] environmental effects of these activities…" (SETAC 1993, eds Consoli et al.: 5-6)	LCA should be seen "as a part of the decision-making process" as opposed to "as a disinterested aggregation of facts" (Hertwich et al. 2000: 15): "The demand for scientific validity paradoxically ensures that many established impact assessment methods are ruled out as unscientific. " (Ibid: 16) "… refer[ing] back to LCA's purpose in decision making": "an imperfect assessment is more likely than no assessment at all to lead to better-informed decisions." (Ibid: 16)

Overall, then, it appears as though the tension between knowledge and purpose within LCA is still rampant, yet the matter remains virtually unaddressed. On a collective level, one might argue that the "value debate" faintly keeps getting replayed through other, more topical debates (se for ex. Brandao et al., 2014; Hertwich, 2014; Dale &

Kim, 2014; and Anex & Lifset, 2014; or Weidema et al., 2018; Guinée et al., 2018; Brander et al., 2019) On an individual level, however, very little is known. *How is the unstated K-P tension resolved in practice by those in the LCA community, and how might it reflect back on the community level?*

4.3 Methods and Data

An important premise of, and justification for this article is that the identity and cultural dynamics sustaining any self-acknowledged "epistemic community" (Haas, 1992), such as the LCA community, lie well beyond the insight zone which quantitative research methods, in general, and statistical methods, in particular, are able to provide (e.g. Langley 1999; Gioia et al. 2012). An epistemic community is one which asserts a more or less pervasive sense of identity through:

> (1) a shared set of normative and principled beliefs, which provide a value-based rationale for the social action of community members; (2) shared causal beliefs, which are derived from their analysis of practices leading or contributing to a central set of problems in their domain and which then serve as the basis for elucidating the multiple linkages between possible policy actions and desired outcomes; (3) shared notions of validity – that is, intersubjective, internally defined criteria for weighing and validating knowledge in the domain of their expertise; and (4) a common policy enterprise – that is, a set of common practices associated with a set of problems to which their professional competence is directed, presumably out of the conviction that human welfare will be enhanced as a consequence. (Haas 1992, p. 3)

While such dynamics more or less conspicuously tie a community together, they also make for intricacies: traits of unity – such as a concern for environmental sustainability or for robust scientific grounds – take on various shades of meaning which may (or not) translate into persistent debates that are both self-defining and

self-divisive: i.e. that *split* the community into distinct *constituting* identities (e.g. Corley and Gioia 2004, 175-178; Downey and Lucena, 2004). In the LCA community, for example, one such debate conspicuously pertains to the relative epistemic value and social relevance of attributional and consequential LCA (e.g. Weidema et al. 2018; Guinée et al. 2018; Brander et al. 2019; Weidema et al. 2019). Although much less conspicuously now than in the late 1990s and early 2000s, the foregoing "value debate" also stands as an excellent case in point as it feeds and diffracts into other more topical debates, such as the one above.

Most importantly for us, however, the point is that such dynamics lie well beyond the measurable criteria of bibliometric analysis whereby, for example, LCA's purposive alignment with sustainability may be abstracted out of a keywords frequency count (e.g. Hou et al. 2015); or whereby the statistical correlation of macro-variables may permit that LCA research be culturally characterized as "a pro-environmental behavior due to actual and objectives effects" of the tool on decisions, i.e. as a behavior that "results from [and thrives on] scientific traditions," as opposed to "subjective motives" (e.g. Qian 2016, 1049). Whereas bibliometric analysis can undoubtingly provide valuable insights into some questions pertaining to the LCA community, these last examples more likely indicate that *sense-making* – or "the quest for meaning in organization life" (Weick et al. 2005, 409), broadly construed – actually matters *to and within* the LCA community as both a relevant topics of research and something worth pursuing.

Qualitative research methods such as those used in this article allow for a phenomenon such as *sense-making* to be investigated while accounting for its intrinsic complexity. In our particular case, rigour entails that social researchers consider themselves a part of the *sense-making* processes, alongside the LCA

community members interviewed or otherwise involved in the knowledge production process (Heyl 2001). As such, knowledge quality builds in ways that abide by very different standards than those of conventional (experimental) sciences: i.e. for the sake of discovering greater richness and depth of meaning, our own theorizing strategy generally prioritizes "close data fitting" over generality or transferability of results (Langley 1999): that is, no statistic representatively is sought whatsoever. Yet some level of generalization is nevertheless expected on our part and will varyingly be recognized by readers, as in making sense of the 26 individual stories gathered we hopefully will reach a much broader set of people whose own experiences will have been echoed. Our conceptual constructs may as such resonate well beyond the discourses and sentiments of those who inspired them. A basic condition for their generalization is thus the fundamental and perhaps even constitutive character of the K-P tension for the LCA community, and beyond.

4.3.1 Data collection

Our research rests upon multiple data sources: namely participant observation, publicly available institutional discourses, and interviewing (both formal and informal). Yet the core of this empirical material came from two distinct rounds of formal *ethnographic interviews* (as per Heyl 2001), most of which were realized between June 2015 and October 2018. So although some pre-terrain activities took place as early as 2012, data collection concentrated within this last time frame. The first data collection period thus went from June 2015 to April 2017, and comprised all participant observation events as well as sixteen ethnographic interviews with individual members of the LCA community. The second data collection went from April 2017 to October 2018, and was constituted solely by ten additional ethnographic interviews. Most of interviewees were formerly met once. Most exchanges lasted between an hour and a half and two hours and a half.

Table 4.2 describes the general characteristics of the first sixteen purposefully sampled interviewees. As per Patton (2003, 203), 'the logic and power of purposeful sampling lie in selecting *information-rich cases* for study in depth,' where 'information-rich cases are those from which one can learn a great deal about issues of central importance to the purpose of the enquiry, thus the term *purposeful* sampling.' As previously mentioned, 'studying information-rich cases yield insights and in-depth understanding rather than generalizations.' (Patton 2003, 203)

Table 4.2 Purposeful sampling: 1st round of interviews

Main organization-type	**Core function-type**	**Number of interviewees**	**Between 3 and 8 years in LCA**		**> 8 years in LCA**	
At time of last interview		*n*	*At time of last interview*			
			x/n	*Interviewee IDs*	*x/n*	*Interviewee IDs*
Research (R)	Research-oriented	5	1/5	*3*	4/5	*8, 14, 15, 16*
	Practice-oriented	3	1/3	*6*	2/3	*7, 9*
	Management-oriented	1	0/1	-	1/1	*10*
Consultancy/Service provider (C/S)	Research-oriented	0	-	-	-	-
	Practice-oriented	2	2/2	*4, 5*	0/2	-
	Management-oriented	1	0/1	-	1/1	*2*
Industry (I)	Research-oriented	0	-	-	-	-
	Practice-oriented	1	1/1	*12*	0/1	-
	Management-oriented	3	2/3	*1, 11*	1/3	*13*
	TOTAL	**16**	**7/16**		**9/16**	

The mixed approach used to select this first set of individuals thus combined different purposeful sampling strategies: for the first round of interviews, these were criterion sampling, snowball (or chain) sampling, emergent sampling and intensity sampling, whereas for the second round, an intensity sampling strategy was more specifically adopted (Patton, 2003, p. 230-244). Most basically, all eligible subjects had to have cumulated at least three years of experience in LCA through a current or recent-past occupation, a core part of which entailed either a research-oriented, practice-oriented, or management-oriented perspective on the tool (or any combination thereof). This therefore included masters and PhD appointments in addition to professional

employment. The core sixteen candidates were therefore selected based on geographic proximity as well as our own previous knowledge of the field: here, information-rich cases that would manifest a real-life experience of the K-P tension intensely (but not extremely) were ultimately sought for (Patton 2003, 234), which is why snow-balling also came in handy, once a few intense case had been identified. This article's main author was fully engaged in the LCA community as a practitioner for three years immediately prior to undertaking this research. A certain level of involvement with the community was incidentally maintained throughout the first round of data collection, namely by carrying out activities as a consultant and sharing preliminary results with community members on different occasions, such as internal team meetings or academic events. Over the course of the second round, no participant observation took place and involvement with the community was kept as a minimum: for validation purposes, a few key informers were contacted for second interviews or precisions.

4.3.2 Data interpretation

This short subsection conveys the main definitions of the conceptual framework used to interpret data and organize results (see). In qualitative research, however, data collection and interpretation often overlap: while interviews are being conducted or participant activities are being run, notes are intensely being taken and already, past theoretical encounters and theoretical constructs in the making come to mind and start to intermingle. As much as we sometimes would like it to be otherwise, everything very much happens all at once (Patton, 2003) – which incidentally is why qualitative research is such a daunting and time consuming endeavour. In this respect, the act of inserting an interpretative framework here, in the "methods and data" section – as if Figure 4.1 had arisen and been used neatly after data collection, and immediately prior to theory building –, strikes as somewhat artificial. In reality, this piece also

may be considered as a part of results: that is, as a product of interpretation, rather than as its point or origin.

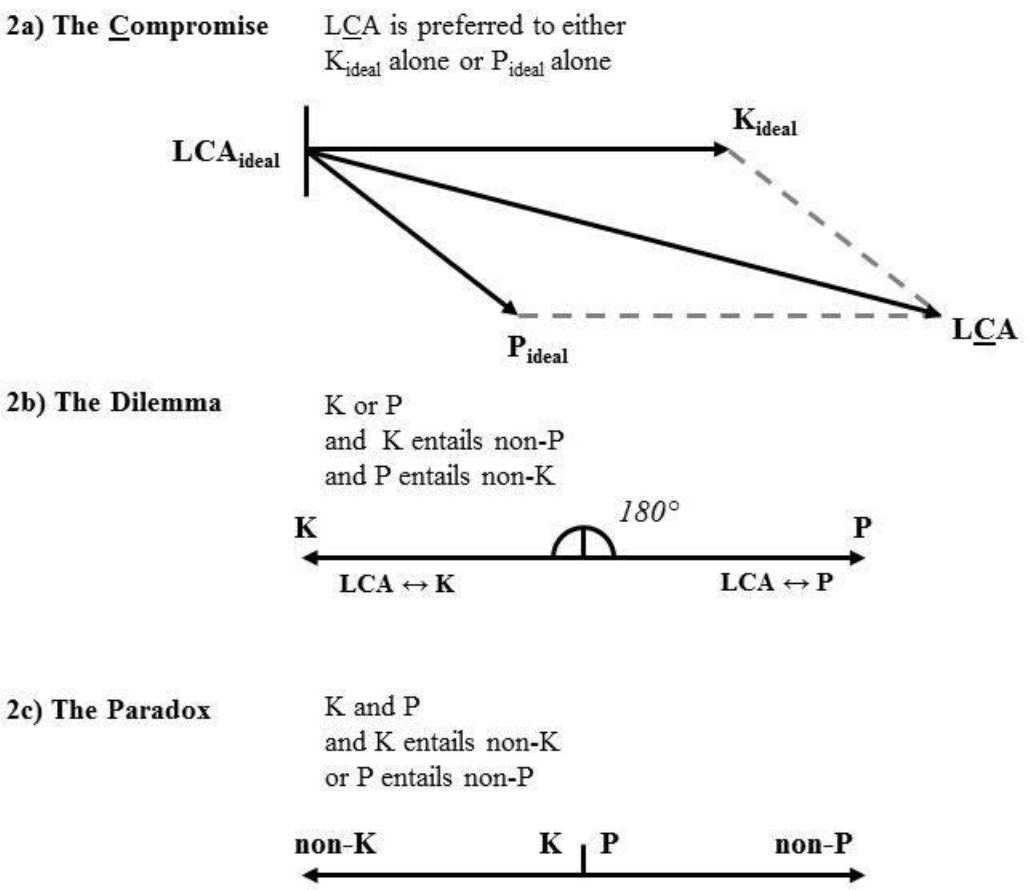

Figure 4.1 : A Logical Representation of Tension Types: a) the Compromise, b) the Dilemma and c) the Paradox. Adapted from: Malherbe (1999, 123).

Be that as it may, it indeed is useful to insert Figure 4.1 at this point in the article for the sake of clarity, as long as one heeds this last *mise en abyme*. As it further clarifies, then, the people who shared their experience mostly came out with one dominant type of tension among the following three: namely the possible compromise, the dilemma

and the paradox. As we will see shortly, however, these tension types are not as tidy in real life as they are made to be here. For now, what matters is conceptual clarity.

In logical terms, all three forms of tension have the same point of departure. In all three cases, an individual is faced with the hard impossibility to practice LCA as it had ideally been conceived (LCA_{ideal}): namely, through a certain ideal of Knowledge (K_{ideal}) whereby Purpose as also ideally conceived (P_{ideal}) would have been achieved. From there, each form of tension unfolds very differently. As Figure 4.1a conveys, the *possible compromise* defines in logical terms as a situation where the ideal of Knowledge would not entirely be aligned with Purpose nor entirely opposed to it. In such as case, a compromise (L<u>C</u>A) could possibly build, which necessarily would entail that minimal concessions be made on both terms: i.e. both the Knowledge and Purpose would have to be recast away from their initial ideals, and toward a "third way" L<u>C</u>A which would not necessarily be middle ground between them.

As Figure 4.1b alternatively shows, the *dilemma* defines in logical terms as an "either-or" situation where for some reason or another Knowledge and Purpose would have become mutually exclusive. Most typically, one could imagine that the Purpose of LCA as ideally conceived might have become compromised upon realizing that the ideal of Knowledge underlying it is unattainable. Regardless, this situation could only be "resolved" by choosing: i.e. one of the ideals would thereby fully be abdicated to the benefit of the other (in full or in part). As a result to this choice, the practice of LCA could either be Knowledge driven or Purpose driven, but not both at once.

In Figure 4.1c, the paradox defines at last as a situation whereby Knowledge and Purpose would both seem to be acknowledged and might even appear to be working together. Yet somehow, the Knowledge ideal would turn against itself: i.e. while

pursuing it one would in fact end up going against it. Conversely, the Purpose ideal could also turn against itself such that pursuing it would somehow end up defeating it.

4.4 Results and discussion

As illustrated in Figure 4.2, four different forms of the K-P tension emerged from our first round of interviews: the Knowledge paradox (form 1A); the Purpose paradox (form 1B); the dilemma (form 2); and the possible compromise (form 3). Each of these pure forms may be conceived as the more or less transient outcome of a misalignment process whereby an individual's identity with or within the LCA community as a whole (or under one of its constituting parts) somehow becomes incongruent: hence the dissonance space which combines and delineates the four discrete *forms of symbolic violence* as a function of *tension types* (on the vertical axis) and *coupling types* (on the horizontal axis).

Prior to describing each form in more detail, however, it might be worth noting right away that what we call a K-P (mis)alignment process as per Figure 4.2 does not correspond to a temporally linear course whereby an individual would emotionally and cognitively travel from a less sophisticated identity and its underlying epistemological determinants – for example, a positivist or realistic epistemology falling under the institutional ideal of science (on the left) – to a more sophisticated identity and its underlying epistemological determinants, which the new institutional compromise (on the right) would capture: no such value judgement is passed on either of the depicted epistemological postures (and projects), which incidentally have much more in common than the LCA discourse and literature seem to acknowledge. In fact, our understanding is that an individual community member could travel emotionally and cognitively from left to right and vice versa, depending on context

specificities (i.e. extra-individual influences, pressures, demands, etc.), the degrees of freedom (so to speak) pertaining to a specific function-type (i.e. practice-oriented, management-oriented, research-oriented), and individual aspirations.

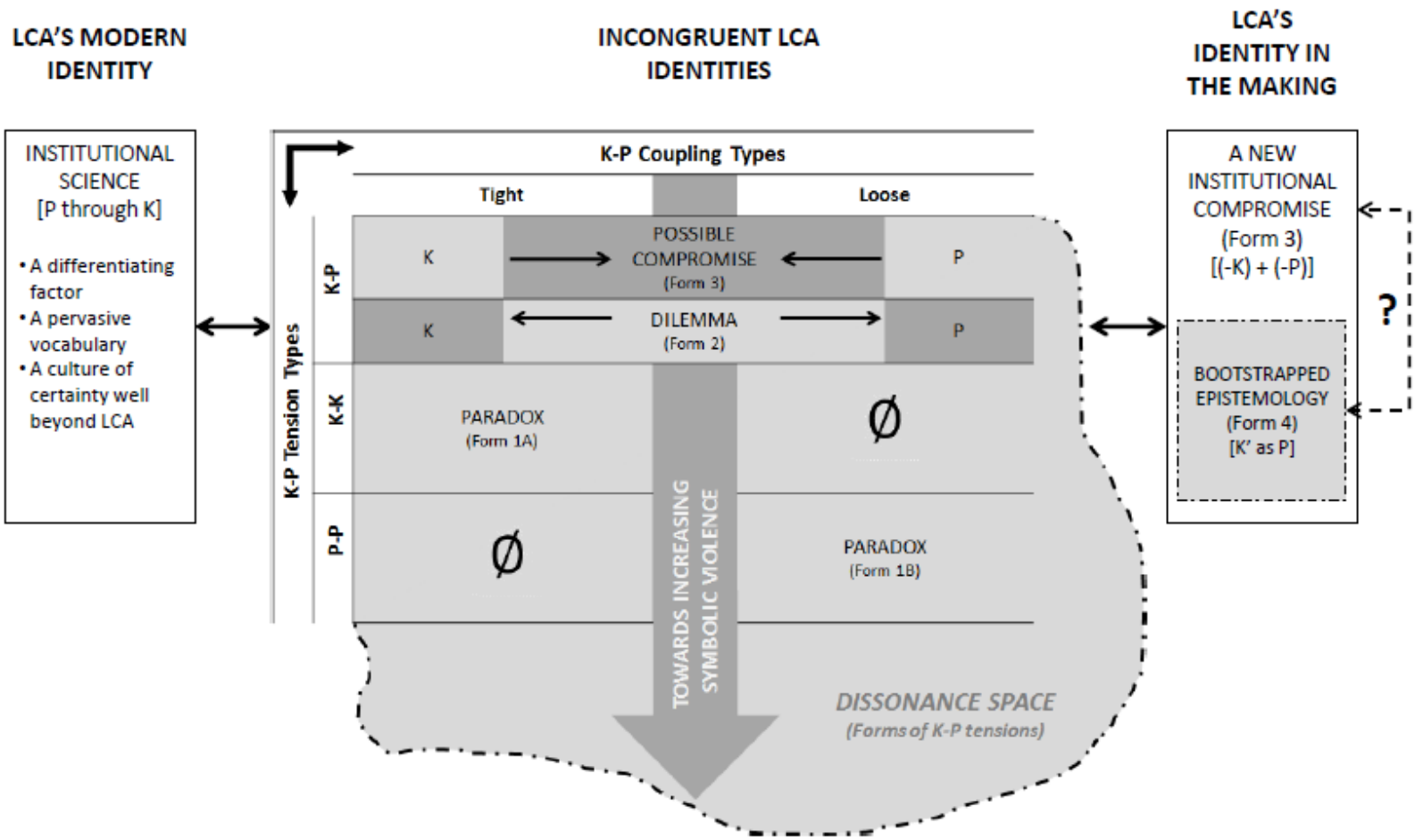

Figure 4.2 : The Knowledge-Purpose (Mis)Alignment Processes/Trajectories

As such, one can reasonably imagine how a single individual would be inclined to experience dissonance more frequently and perhaps even under more violent forms as an analyst than as a researcher, merely because one's practice-oriented contexts and experiences typically entail direct and frequent relationships with stakeholders' interests and claims that are in potential tension with the Purpose of LCA – i.e. to support decision-making on various levels so as to meaningfully effect more environmentally sustainable production and consumption patterns –, simultaneously with less constructive freedom on LCA Knowledge (i.e. its founding assumptions, methodologies, software, underlying code, etc.). Many of our interviewees actually voiced such a distinction between the contextual and personal dimension of an individual's capability to transcend the K-P tension, as well as the corresponding mobility potential it brings about in and around the dissonance space through time. Overall then, we conceive of the dissonance space as an intermediate, somewhat transitory phase which may be experienced more or less often and more or less durably.

In addition to these four forms of tension, a fifth configuration emerged as well (form 4), which did not appear to be a K-P tension per se, i.e. whereby identity became ambiguous or incongruent: in sharp contrast with the other forms, it appeared to radically recast the Knowledge term as distinct from the conventional ideal of science, as if it was altogether transcending the tension – which is why we chose to position it outside of the dissonance space (see Figure 4.2), as potentially contributing to the emergence of a new relationship between Purpose and Knowledge while in a way being veiled or constrained by the new institutionalized compromise.

The five emergent forms are pure, then, in the sense that they do not actually correspond to an individual of flesh and blood: although each form indeed arose from real people being interviewed, no one person embodied only or fully one form or ever will. Most interviews revealed a prevalent form, and some much more strongly than

others, but some interviewees also manifested quite evenly two compatible forms, as if the flow of the conversation was triggering contrasting feelings or depth of answers.

4.4.1 A Typology of (Mis)Alignment

This section defines and contrasts the forms of tensions by supporting and fitting them closely with the data: that is, by linking and supporting each theoretical construct within the K-P (mis)alignment process (i.e. Figure 4.2) with illustrative excerpts drawn out from the interview transcripts. Correspondingly, Table 4.3 gathers and organizes these excerpts in order to support interpretations. In the following, we pay specific attention to the dissonance space so as to clearly define each type of the K-P tension.

Type 1A: The Knowledge Paradox

As the quotes in Table 4.3 diversely illustrate, the Knowledge paradox becomes salient when it seems like there is both *too much* AND *not enough* science in LCA for it to be able to meet its fundamental purpose of inducing change. Such a paradox may present itself on occasions or repeatedly, either in a particular context – for example, in relation to a particular mandate or project – or as overarching sentiment with respect to the current status of LCA Knowledge. In the latter case – which both selected quotes (by I-1 and I-13) exemplify –, the situation would likely appear much more intolerable, but a repeated exposure to the Knowledge paradox could also trigger considerable symbolic violence, as interviews have shown. Basically, this paradox pertains to the strong impression of a contradiction between what is expected or demanded from LCA on large scales (typically for policy making) and the huge uncertainty levels which LCA results entail in general. Yet above and beyond what C-LCA, A-LCA or any other “mode of LCA” (Guinée et al. 2018) might do to improve upon this uncertainty, the paradox fundamentally stems from the concurrent

sentiment that a particular sophistication path or any sort or sophistication would or does impede upon the appearance of quality and/or usability of results in practice; hence the *too little* AND *too much* science in LCA at the very same time.

An important trait of those who share the experience of this paradox seems to be a relatively tight coupling of the Purpose and Knowledge terms (hence its positioning on the left of the dissonance space): here, one would likely consider that the purpose of LCA rather fully accomplishes through its science-based component; i.e. without sufficient scientific "certainty" or robustness as per the basic standards of institutional science (i.e. LCA's modern identity in Table 4.3), LCA would run the dangerous risk of misleading decision makers and policy designers (e.g. Owen, 1997; Finnveden, 2000; Plevin, Delucchi & Creutzig, 2014).

Type 1B: The Purpose Paradox

As opposed to the Knowledge paradox, the Purpose paradox seems to root in a much loser coupling of the terms (hence its positioning on the right of the dissonance space). Here, one would likely consider that the purpose of LCA does not depend on its science-based component to accomplish. Yet this by no means should be taken to imply or lead to a lack of robustness or environmental activism (in the pejorative sense used by some interviewees), insofar as the challenges and stakes pertaining to the Knowledge term in LCA seem to be extraneous in the experience of the paradox. As most would likely admit, LCA's prime appeal is the science it builds from, but so long as it is used mostly to answer meaningless questions – no matter how sophisticated this science gets –, it will at best be politically innocuous and at worst it will defeat its own purpose by reinforcing the status quo. As before, this paradox may present itself on occasions or repeatedly, either in a particular context or as overarching sentiment with respect to the *dominant* uses of LCA (for example, for

marketing or strategic positioning purposes). And again in the latter case – which both selected quotes (by I-8 and I-10) very distinctly illustrate –, the situation likely appears much more intolerable, but a repeated exposure to the Purpose paradox could also trigger considerable symbolic violence.

In some sense, the prospects of improving the situation seem considerably week here, insofar as this paradox stems from the sense that LCA's managerial (or decisional aid) purpose overall ends up working against LCA's fundamental (and sometimes even radical) social change purpose. An important trait of those who share the experience of this paradox thus seems to be that the underlying system is the problem, and that LCA has been swallowed by it. Confronted with such a paradox, one will eventually need to transcend the situation by either physically quitting LCA (as for I-8) or otherwise, as for example I-10: "Unless a sort of eco-dictatorship is enforced – which I never would wish for, and for which it might already be too late –, the world as we know it is pretty much lost. It's sad to say, but it is how I see it. I have faith well beyond science, so that's why I am quite serene with it overall."

Type 2: The Dilemma

In many ways, the Dilemma comes very close to becoming the Purpose paradox and vice versa. What most fundamentally distinguishes these types, however, is the dilemma entails an enduring hope in the idea that some types of sophistication in LCA Knowledge would or could radically transform the situation – as for example research pertaining to planetary boundaries or global sensitivity analysis. Both these themes and their related practices – were they to become operational enough to eventually spread among and be adopted by LCA users on a large scale – might have the potential to revert the situation. Both these themes and others have been equated

as such to a possible reorientation of LCA towards more purposeful uses and ends, as per those sharing an experience of the Dilemma (as the chosen excepts convey).

An important trait of those who share this experience thus is that their involvement within LCA community hinges on a clear cut between Knowledge and Purpose. In some sense, Purpose is put on hold until Knowledge allows not for it to speak closer to the truth as per the conventional ideal of science (as in the Knowledge paradox), but rather to get back on track from a Purpose point of view (as in the Purpose paradox).

Type 3: The Possible Compromise

As this form of the tension namely corresponds to a new and building institutional compromise on LCA Knowledge, at least within IE and likely within the LCA community also (e.g. Lifset & Anex 2014; Guinée et al. 2018), we have chosen to represent it as a resolution pathway in Table 4.3, rather than under as a strict dissonance type per se (as in Figure 4.2). Yet the two should be understood as both sides of the same coin. This Possible compromise is always on both LCA Knowledge and LCA purpose, but the way the compromise on Knowledge is done is what makes it a type within the dissonance space: it varies very much from one person to the next, yet a common trait of those who share this experience is that the compromise on Knowledge entails a compromise on the words of science. The words conventionally used in science are kept, yet their meaning is adjusted. As such, LCA still mostly is conceived as fundamentally “science-based”, but different people will understand it differently. This hence overlooks the sur-sense or saturation on the meaning of science which characterize LCA’s societal background, or the fact that the conception of science which still resonates with the words of science is that which prevailed in

LCA prior to the “value debate”: i.e. what we have termed LCA’s modern ideal of knowledge.

Table 4.3 Data supporting interpretations of K-P (mis)alignment processes

Subthemes	Representative Quotes
	Institutional Science: LCA's Modern Identity Purpose *achieves itself* through a conventional science-based process of Knowledge production.
A differentiating factor: scientific credibility is mostly what *sells* LCA as tool for confronting environmental problems, both literally and figuratively.	"With LCA, the bottom line is: why do most people go toward the tool? It's for its credibility. […] Credibility: we go back to reproducibility and to the notion that LCA is representative of the physical reality. My calculated CO2 emissions, I could isolate them… in theory. I could measure them on a scale. […] But when people become more acquainted with the tool, there's a sort of deception. It's like a first great love, and then realizing that it's not all you had dreamed of." (I-1, management-oriented, policy design sector, recycling) "Selling LCA mostly for the science that it's become is reassuring. It's an insurance policy: i.e. 'we hereby guaranty that it's based on something solid, you won't get smashed, you'll be fine'." (I-8, practice-oriented, research sector) "Especially from an industrial point of view, I think that LCA's appeal lies not only in quantification, but also in credibility, i.e. the scientific recognition characterizing it. LCA does provide strong grounds for showing that what's been done is right and appropriate [i.e. even if LCA's mostly used after the fact, for marketing purposes]." (I-9, research-oriented, research sector) "I've actually been fed with environmentalism from the cradle. Both my parents were environmental activists and at the time, they were fighting an incinerator near our home. I was like six years old, and I remember I would raise a fist every time the school bus went by the cement factory. My mom was a complete hippie so environmentalism runs really deep within me, but at some point you get a little frustrated with this whole hippie dimension of things. I went into chemistry with the hope of finding something more systematic and solid to confront environmental problems with. […] What struck me [upon first contact] wasn't so much LCA's science-based attribute as its holistic character and the capacity it had to solve the environmental problem I was really seeking to solve, and that chemistry alone could not, i.e. to find solutions which would really be useful. [...] So it wasn't like: 'Ah finally something rigorous and systematic!' That's part of LCA's appeal, for sure, but I already had that with my research in chemistry. It's not like it was completely missing. [...] It was more the link to the consumer, the link to technological choices, the link to biological agriculture, etc.: that's what I needed on top of chemistry, I realized, and that LCA could offer." (I-16, research-oriented, research sector)

Subthemes	Representative Quotes
A pervasive vocabulary and inescapable quality referential: ***how are we to express what we actually do?***	“You know the stereotype: hippie-environmentalist? Well I think one motive for going in LCA is just that: i.e. to have some kind of… well I can’t use the word ‘proof’ but... Just for the sake of illustration I’ll say it: to have 'proof" based on science for arguing that this or that is 'not good' from an environmental perspective. Because too often you’ll hear environmental claims that are based on nothing.” (I-6, practice oriented, research sector) “ELCA results can't be verified. They just can't. It's not like you're wiring an electrical circuit from point A to point B, and the lightbulb turns on: 'Ok, so if I do it again, I know it will light up once more.' No, with ELCA you have no idea if, on the one hand, what you've “measured” [on an inventory level] is true, and on the other hand if the impacts you attribute to your system really occur of not. You'll never know. So it's really, really... artistic, the ELCA approach. But we still rely on the same logic [as experimental science]. The data we work with are reliable, we make sure of it. But we don't have experiments, experimental trials, that is. That's what we don't have. But everything else, the thought process, the reasoning, it's all the same. [...] That's the rigour we do have, and it's comforting because if we didn't have it, then we would really... we would be swimming in... in don't know what, but we would be swimming in the clouds [laughs].” (I-10, management-oriented, research sector)

Subthemes	Representative Quotes
A culture of certainty well beyond LCA: LCA is tagged as scientific as per the conventional ideal, but partly *in spite of itself*, and may well depend on such an image for thriving and, in the end, being able to make a difference.	"We might not be doing science strictly speaking, but scientific rigour is definitely there, and a whole lot is beyond our control [from a public communication point of view] once a report is out. [...] So do we let the world believe we do science? I don't think so. I don't think WE [as practitioners] let anyone believe. But you know, when you come to a research center in a university to get an LCA done, that's science enough for most people. So everything suggests we do science, and everything lets the world believe… Not us. We don't necessarily feed the belief directly - all the opposite, in most cases, I think -, but the entire context suggests it. And at the same time, there's a reason why we're surviving as we are, in the sense that we have credibility. In a university, it suggests... or it gives credibility, you know what I mean. So I don't think we ever say or feed the belief that LCA results are true, but I think that in believing it, people are more comfortable." (I-6, practice oriented, research sector) "We can't account for everything, so the fact that you end up giving a number is a problem. The moment you give a number, no matter what else you say, it's very hard to make anyone forget about the number. That's the only thing people see and will remember. Because if you provide a number and say: 'but really, it's false,' why give the number in the first place?" (I-3, research-oriented, research sector) "Adding uncertainties ultimately means adding even more scientific robustness [i.e. more information, as opposed to exposing weaknesses]. [...] [That said] I'm well aware that some people don't like such nuances, and people who know LCA very well at that. [...] At some point, you have to accept that LCA can be wrong and will only rarely determine the matter, but it'll useful nonetheless. [...] What's most dangerous I think is when people take over the notion of uncertainty either to discredit LCA or to support the status quo [for example, to argue against in depth uncertainty assessment outside of research]. I've heard some people in the community say that if we integrate uncertainties, it'll cripple LCA by letting the entire world know that no conclusions whatsoever can ever be drawn from it. I don't agree - all the opposite -, and I'm not scared of revealing the depths of uncertainty in LCAs. I think that if what we're doing is so random, it'd be good to know sooner than latter: i.e. to know where the biggest uncertainties lie and to know if and how we could work on reducing them, but not for the mere sake of it [i.e. a scientific status], so that it brings meaningful change." (I-9, research-oriented, research sector)
	The Dissonance Space: Incongruent LCA identities Purpose *no longer achieves itself* through a conventional science-based process of Knowledge production.

Subthemes	Representative Quotes
The Knowledge paradox (form 1A): LCA's prime appeal is the science it builds from, yet all is as though there is both *too much AND never enough science* in it for the tool to ever be able to meet its fundamental purpose of inducing change.	"LCA's scientific foundation brings about a tendency to multiply nuances. […] The conclusion often sort of gets crushed, surrounded, almost entrapped, and it becomes hard to use in the end. And this may be especially true of the most scientifically robust studies. […] More quality is required on a scientific level, because the perception still prevails in the industry that you can have LCAs say or do whatever you want, but at the same time, this over-nuancing undermines the overall perception of quality. [...] For me it's very, very clear: I don't think we have sufficient quality [i.e. certain results] for using LCA as grounds for legislation or policy." (I-1, management-oriented, policy design sector, recycling) "I used to say [in the late 1990s] that ELCA was a bit of a game, a tool, a complex excel sheet for consolidating data internally, for finding out where hotspots were and for comparing alternatives. […] But since then, LCA has developed into a real science. […] Research centers and courses were created in universities. […] It grew, and now, I have to admit that there is more and more science content in it. But my impression is that we still need much more before we can go out to the public with results, or before we can support public policy design. […] If you look at what is happening in Europe with the PEF [Product Environmental Footprint] […], it could evolve into legally enforceable standards; it could lead to the disappearance of certain products from the market because their total footprint is too large as compared with another. But then, don't we have to be absolutely sure about LCA results? […] That's where a science in the making, and I mean completely in the making [even now in 2016], seems insufficient." (I-13, management-oriented, primary/secondary industry sector) Resonant articles drawn from LCA literature: Owen, 1997; Finnveden, 2000; Plevin, Delucchi & Creutzig, 2014.
The Purpose paradox (form 1B): LCA's prime appeal is the science it builds from, but so long as it is used mostly to answer *meaningless*	"One of the projects I worked on, the first one actually, pertained to waste management in a big city. This really was at the beginning [in the early 2000s]. We were inventing how we would apply it, how we would measure, with all the lacunas it entailed. [...] This moment was really satisfying: to feel that you were a part of a something bigger, that you were part of a journey, of an evolution in the reflection process that other people were undertaking. [...] We weren't aware enough to be speaking of uncertainty. So we didn't speak about it. […] So from our standpoint, it was easy to say fallacies [laugh], or big things, and to assert point-blank, without frowning, because well, that's just what the analysis said, and that was it! That's why I'm telling you, when I look at what I did back then, I go: ' Oh my god! [laugh] Damn! I forgot this, we didn't talk about that, it's terrible!' But back then, it was the state of the art. We knew less, so we hesitated less: 'No problem, we'll find a solution and a clear answer.' And so from focussing more on what LCA actually enlightens, we've moved on to putting the tool itself in the spot light, and the more we illuminate the tool, the more we see its holes. [...] But in digging and in reducing,

Subthemes	Representative Quotes
questions –no matter how sophisticated this science gets –, it will at best be politically innocuous and at worst it will defeat its own purpose by reinforcing the status quo.	reducing, reducing always more, we end up losing ourselves, or the point of why we're doing LCA in the first place: digging for data, for the amount of Nano grams of I don't know what substance... What's the big question!?! What's going on globally from a life cycle perspective!?! Beyond numbers, you know. [...] If we stopped pulling out the microscope for nitpicking it would be a good thing indeed. Because right now, that's what we are doing: selling LCA mostly for the science that it's become is reassuring. It's an insurance policy: 'we hereby guaranty that it is based on something solid, you won't get smashed, you'll be fine.' But no matter how solid the assessment might be in the end, if you ask the wrong question, it's all for nothing. [...] The scale of the question you ask scales everything down or up [i.e. the meaning]. That's why it's frustrating when you see the huge environmental stakes, to have so much time given to you for answering small questions; when you know there's an elephant in the room." (I-8, practice-oriented, research sector) "No matter the result, and even considering the little we know with certainty, LCA is what we've got. We're working on something crucial, and the results coming out, they're a first step, you know: they're not quite right, models are wobbling a little, but with time it'll become impeccable; in years and years from now. And we will have contributed to making it work. And when I wake up in the morning, I also think of how utterly great my gang is here. And that's the most important part. […] [That said] I feel we no longer can afford to make bad decisions. Can we still afford to make bad decisions? That's my personal motto. But in the end, very few people really understand the depth of the environmental urgency. [...] That's because – and this is an impression only –, it's like we're not allowed to be pessimistic in public; you necessarily have to be optimistic. If not, you're a downer! You're a party pooper! So in the face of cataclysm, we only see economic opportunities. It keeps the mood up. But nobody would ever tell you that a cataclysm is coming, nooh! Nothing like that, no! Only opportunities: 'We'll do sustainable development and it'll create jobs,' you know. Nothing's changed in the end. [...] [So how am I not pessimistic with regards to LCA?] Because that's all very personal stuff. LCA is realistic, in spite of all the uncertainties underlying it, it remains…LCA's my job as a scientist. That's what I work in. There's a cut. [...] But personally, I think there's no hope within the time we have left. And I know enough to be able to tell. This growth society isn't an end in itself. [...] Unless a sort of eco-dictatorship is enforced – which I never would wish for, and for which it might already be too late –, the world as we know it is pretty much lost. It's sad to say, but it is how I see it. I have faith well beyond science, so that's why I am quite serene with it overall." (I-10, management-oriented, research sector)

Subthemes	Representative Quotes
A dilemma (form 2): LCA's prime appeal is the science it builds from, but so long as it is used mostly to answer *meaningless questions*, it will remain *politically innocuous* or might even fully defeat its own purpose by reinforcing the status quo.	"I went into engineering to work on environmental problems. At the time, I was still a bit of an idealist with respect to what LCA could do, so [when I was offered to join the research chair] I said: 'Yes! We'll change the world.' This was around year 2000, and we thought it would revolutionize many things. […] [But] Because of the functional unit and all that, the relative vision of LCA doesn't induce the absolute changes we need. We rarely discuss these issues, even between ourselves, or we do around a drink, but I would say that we're all mostly disillusioned. Those who aren't yet, it's because they don't see it: i.e. LCA is dominantly used for marketing purposes. […] The problem [with how we do things now] is that LCAs don't capture the options. There's a subjective bias from the outset, at Goal & Scope setting, and it generally favors those who pay for the study. That's why for me, ultimately, there would only be one study: the LCA of the entire economy. […] [So] Why am I still an analyst? Because I still am an idealist, somehow, who thinks that LCA has the underlying potential of bringing meaningful change to society? That's me, as an analyst. But the analyst himself, in practice, this can't be a part of his work. It's like there's two people within me: my job imposes a certain rigor [which precludes the promotion of LCA's macro potential]." (I-7, practice-oriented, research sector) "What bothers me is that we use LCA more and more to tell which is the greenest toothbrush out of two. I really don't give a damn! That's not where the real stakes are. The real stakes are much, much more serious. Right now, we're faced with huge environmental challenges, and so you can't go around letting people drive to the grocery store in their SUVs in all good conscience, just because they have the reusable bag in hand; or because they've bought the toothbrush made out of bioplastic. And now, we're very much living such a scenario. Can it have a sensitizing effect? Maybe. But it can also foster an effect of good conscience which impedes meaningful change. [...] An answer we get [from clients or industrial partners] when we propose more proportionate and meaningful measures with regards to the current state of the environmental crisis is: 'We're not yet ready to scare consumers.' Not in these exact words, but that's the general idea. And so I get the impression that LCA nowadays is often – or at least sometimes – used to communicate and to prompt consumers to decide on meaningless choices. [...] If we've accepted to promote LCA in the first place [whether as researchers or practitioners], it's because we believe in a tool that can induce real changes in the way we consume, i.e. that can improve the situation. But if we don't help people formulate meaningful questions, we'll perform all possible calculations and build the most sophisticated models, but it'll all be for nothing. We'll get answers alright, but they won't mean a thing against the backdrop we've set for ourselves as a community. That is, of course, insofar as people do enter the LCA community with the genuine intent of making a difference." (I-14, research-oriented, research sector)

Subthemes	Representative Quotes
	"One thing that bothers me a little with LCA – and it directly stems from the tool – is the product and comparative emphasis: i.e. this chair instead of this other one. I feel like we're really losing the overall perspective, and we fight over things which, in the end, matter very little. It might be interesting for the chair maker, but... and since he pays for the study, great! But it's not relevant with respect to what's really at stake. To work on a large scale, isn't it what we should be doing? And it feels like we almost never go there. You know, to ask ourselves: 'Will this initiative affect GHG emissions significantly, or by 0.00001%?' To always work in relative terms ends up maintaining a focus on insignificant stuff. I find that annoying. […] Maybe I'm generalizing too much, but there seems to be a myriad of [new and ever fancier] indicators, and a disconnect between this sophistication and our global understanding of phenomena and current data quality. In other words, we provide a hyper sophisticated analysis of something really simple. And I'm under the impression that this is done because there's nothing we can say that would be interesting on this chair. So we throw ourselves in an exciting analysis of something fundamentally irrelevant. [...] In LCA, this is recurrent, and even though we'd like to answer [relevant questions], we can't because we don't work on a large scale; we're not rooted in prospective social scenarios; we're always in incremental changes: 'So it's better for this and worse for that.' But how much of a problem is it? 'I don't know.' I honestly don't know!" (I-16, research-oriented, research sector)
	A New Institutional Compromise?
A possible compromise (form 3): LCA's prime appeal is the science it builds from, but the ideal of science is hardly attainable in practice and may even become	"Of course the ideal would be to stick a sensor on the exhaust pipe of every vehicle, one for each gas while we're at it and probably more than one for each so that we can duplicate results and calculate sensor errors. That would be ideal. But even if we could do that on a large scale, would it really be where we want to put the money? Or would we want to put it on reducing GHGs? That's the ultimate goal! There's a middle ground between data quality and our real goal. So yes, data quality for uniformity, comparability and credibility. […] I agree that we should aim for the best result possible, meaning the most precise, the truest from a scientific perspective. But the ultimate goal is to reduce emissions; that's the objective on a global scale. So context matters. For example, there's the carbon market in the background where uniformity between models is crucial. If environmental impacts aren't quantified in the same way by everyone, only investors and profit margins will weigh in decisions, and that would be a complete aberration in terms of results, i.e. of what we aspire to achieve." (I-4, practice-oriented, consultancy sector) "LCA is not an end in itself, it's a tool. So this tool is perfectible, and it will improve over the years. And this means accepting

Subthemes	Representative Quotes
counterproductive if it is followed to the letter; so in order to remain useful, LCA needs to constantly balance its ideal of knowledge with context, never losing track of its fundamental purpose.	that the approximation level is initially high. This doesn't matter very much. What's does matter, however, is that the intellectual pathway is an authentic one [i.e. independent from stakeholders' interests]. Because if this pathway is authentic, LCA will make progress. [...] Meaningful results come from this progression, or from comparability you might say, either within or in between product systems. So this means that absolute results in LCA are meaningless, and that this progress [or comparability] notion is central. [...] LCA has to be reproducible, that's the bottom line: if within a given space-time, with the same data, the same methods and transparent hypotheses, I don't get the same results, we're all in big trouble. And gladly, we're not! [...] [That said] environmental labelling or import-export barriers based on LCA are not feasible [and never will be], because they would turn LCA in a discriminating factor between competing products, which would likely induce manipulative behaviours on the part of businesses. [...] The moment LCA turns into a tool for control or competition, it becomes much harder to evangelize it from within an industry [as I do].” (I-11, management-oriented, primary/secondary industry sector) “Within our main line of products, there's this sub-product associated with a very high emission process. This sub-product has an economic value, so we allocate part of emissions to it using System Expansion. But the industry buying it from us uses it as a substitute for an input process that's also a very high emitter, while considering it as valorized waste, i.e. carrying 0 emissions. So it's inconsistent from a methodological point of view. And since many applications combine both our products and theirs, LCA people on the applications' side go crazy: 'this is double counting,' they say, and they're right, strictly speaking. But at some point you have to remember why we're all into LCA: why are we doing this? There's this sub-product which we invest in so that it can be used downstream, instead of being dumped. So it's legitimate that we allocate part of our main process emissions to it. And it's also legitimate for this downstream industry to get some sort of credit for using our sub-product instead of something more environmentally harmful. So who cares in the end about this methodological inconsistency? What matters is that we both do the right thing from an environmental point of view. So you see, you need to step back from pure methodological considerations at some point, and say: That's LCA, there's an inconsistency on this particular aspect, but what's the purpose on a more fundamental level? We want to reduce waste. And for this to happen, we need every value chain actor to engage, and we need to allow for both their contributions to be valorized simultaneously, because in the end they both are genuine! They're both taking effective actions to reduce their environmental impact, and LCA is the language allowing for both their success stories to be told. That's my take on it anyway, and it's not always well received. But hey! What's best for the environment? To pester everyone and run the risk of losing players by killing their motivation? What's so awful about such a methodological defect? To me, in this particular context, it's a nonissue. We're here for sustainable development after all, aren't we?” (I-12, practice-oriented, newly manager, primary/secondary industry)

4.4.2 Re-symbolization: A Glimpse on Type 4

As previously mentioned, a fifth form emerged from interviews, which could not be categorized as a form of dissonance per se. Although it appeared much less frequently than the other four forms, it does seem to present particular interest. This form has been termed “bootstrapped LCA” as it primarily entails drawing oneself out of the K-T tension from within a particular LCA model or the LCA tool in general, sort of transcending it by resorting to a “strategy” which altogether recasts the meaning of the Knowledge term away from science. An important trait of those who share this experience would thus be that they no longer mainly associate with (or position themselves with respect to) the institutional science ideal, as with the four other forms; more or less explicitly, one apparently pulls oneself out of the K-P tension by conceiving of LCA as a language which has acquired a life of its own, that is, somewhat independently from the language of science.

As a case in point, the relatively recent introduction of Global Sensitivity Analysis (GSA) in LCA illustrates such a epistemological posture. GSA relies on bootstrapping as understood in the computer world and, as such, inspires the name for the form. In order to better understand this form, a second round of interviews was undertaken, which might be the object of a follow up article. But for now, let us only point to a few examples. As one representative of the type expressed:

> Nothing in nature tells us how to allocate! [...] [So does it still make sense to speak of uncertainties?] Of course it does! You've got reality, you've got the model that you would want to build, and you've got the model that you actually can build. And uncertainty is what's in between the model that you've actually built and the one that you would've wanted. [...] So even if such a model is false, it is useful. But why? It feels so obvious to me that I can't exlain... wait a sec... It's as if I tell you the word 'apple', I

> don't hand you an apple, do I!? If I say the word 'apple', this word 'apple', it's just useful to have in our vocabulary. Well it's a little bit the same thing here: I represent something with symbols, which isn't the thing in itself, and the boundary around the word 'apple' may not be the same for you and I. But it's still something useful to have: it allows us to speak of apples. Not bad, is it! Well I feel it's somehow the same kind of thing happening. (by I-15)

Through "bootstrapped" LCA, uncertainty is recast as what links not the model and the real world, but as what links the model as it is, and the model as it could be. This, in itself, is an important leap in term of the meaning of knowledge which in some sense re-symbolizes LCA's relationship to it.

4.5 Conclusion

This article thus sheds a new light on the lingering question of the "science of sustainability" in IE by qualitatively enquiring into the live experiences of the K-P tension in LCA. Yet the article did not seek to answer this question. Rather, it sought to faithfully echo the voices of those who grapple daily, through their own work in or around LCA, with the current and ever growing "unsustainability" of our time, that is, with "the threats to our world's ability to support human life." (Ehrenfeld 2007, 73) Through these few powerful echoes, but also through the resonance we believe they might find among the broader LCA and IE communities, it may well be that the foregoing debate is being unofficially reframed as one pertaining to the meaning of "science" with respect to (and for) the purpose of LCA or IE – as opposed to one pertaining to "the science of sustainability" in itself. Whether an empirical answer to the fundamental question (above) is more IE-inclined or LCA-inclined thus matters little to the argument. What does matter, however, is that a variety of symbolisms seem to be conveyed by the single word "science" within LCA and in society at large,

whereas institutional discourses on-and-of LCA dominantly locks in (or positions with respect to) the symbolism of experimental science, *as if* it was the only option – thereby opening a dissonance space whereby those who practice this so-called "science-based" LCA find themselves passing more or less often, more or less durably, and most importantly still, more or less tolerably. As such identity challenges entail, it may well be that the "temptation to define political relevance as political innocuousness" (Cohen and Howard 2006, 83) will prevail, and that individuals as well as the community will continue to be torn by it so long as a "critical mass", so to speak, amid both communities (and their overlap) is not aptly equipped to make sense of and expose the *actual* epistemological project they share, as opposed to a stylized version of it which – presumably – better suits social expectations and/or prevents the hijacking of political agendas by opportunistic interests to the detriment of "true" improvements towards sustainability.

CHAPITRE V : ARTICLE 4

DE LA RÉINITIALISATION CONTEMPORAINE DE LA « FORME-PROBLÈME » : VECTEURS ET MODALITÉS

ARTICLE TITLE

Formes de la ville intelligente : entre problèmes et paradoxes

STATUT DE L'ARTICLE

Soumis à *Géographie, économie, société*

ABSTRACT

Les politiques et programmes qui naissent dans les années 1970 et évoluent dans le cadre de ce que l'on appelle aujourd'hui l'« ancien agenda urbain » ne sont pas parvenus à pallier les effets avilissants et invisibilisants de « l'urbanisation du monde ». Tel était l'un des constats de l'UN-Habitat en 2016, alors que l'institution dévoilait son « nouvel agenda urbain ». Dans cette nouvelle perspective de la ville au 21e siècle, l'accent se porte sur l'incontournable apport des technologies numériques pour faire face aux enjeux sans cesse montants et plus insaisissables de l'urbanisation. Bien que le propos n'ait rien de naïf et puisse même par endroit s'avérer critique du modèle de la ville intelligente (ou connectée), il y est néanmoins considéré qu'aux plans du changement climatique, de la participation démocratique, du logement et de l'accès à de meilleurs services de santé, etc., les solutions de la « gouvernance décentralisée » qui relèvent de la nouvelle « science des villes » incarnent l'avenir. Et comment – suggère-t-on – pourrait-il d'ailleurs en être autrement? Ainsi, dans le cadre de la thèse, tout l'intérêt d'un tel discours de la ville et d'autres (nombreux) avec lui relève du revirement qu'ils opèrent dans le sens du mot « urbanisation » : du

fléau qu'elle incarne encore largement à ce jour dans le sens commun, l'urbanisation devient depuis 2016 pour UN-Habitat et le grand nombre des organisations dont la ville suscite maintenant l'intérêt, « une force transformative » qui « a aidé des millions de gens à échapper à la pauvreté via une productivité accrue, des occasions d'emplois, une qualité de vie améliorée et un investissement à grande échelle en matière d'infrastructure et de services. » Mais qu'y a-t-il à comprendre d'un tel revirement? En déclinant et s'appropriant l'intuition développée implicitement par Françoise Choay entre 1965 et 1980 – intuition qu'elle explicite ensuite dans Le règne de l'urbain et la mort de la ville (publié en 1994) –, cet article se donne des repères conceptuels inusités pour explorer la saillance du paradoxe de la forme-problème en contexte urbain.

KEY WORDS

Urbanisation, ville numérique, paradoxe, forme-problème

5.1 Introduction

> La société industrielle est urbaine. La ville est son horizon. Elle produit les métropoles, conurbations, cités industrielles, grands ensembles d'habitations. Et pourtant, elle échoue à aménager ces lieux. La société industrielle possède des spécialistes de l'implantation urbaine. Et pourtant, les créations de l'urbanisme sont partout, à mesure de leur apparition, controversées, mises en question.
>
> Françoise Choay, 1965[47]

C'est en ces mots, presque banals aujourd'hui – tant la réalité qu'ils évoquent paraît commune –, que Françoise Choay ouvrait son anthologie critique de l'urbanisme,

[47] Choay, F., 1965. *L'urbanisme: utopies et réalités : une anthologie.* p. 7.

L'urbanisme : utopies et réalités, publiée en 1965 et désormais tenue pour classique en architecture et en design urbain. Au moment où elle dégageait le constat, celui-ci n'avait toutefois rien d'ordinaire : c'était dire que les solutions de l'urbanisme né à la fin du XIXe siècle apparaissaient d'ores et déjà congénitalement problématiques. Car sur le fond encore naissant d'un vaste mouvement de critiques plus ou moins convergentes – issues de milieux syndicaux, de groupes de consommateurs, d'organisations environnementales, de militants « anti-technologie », de regroupements étudiants, notamment –, mais qui sous peu s'inter-alimenteraient et s'entrecouperaient à travers des luttes dont les villes nord-américaines et européennes seraient à la fois le théâtre et l'un des objets de revendications (Zukin, 1980), Choay commençait à mettre au jour la quadrature du cercle. Elle décelait au sein des textes fondateurs de la discipline urbanistique un élément essentiel du problème qui l'avait fondée : à savoir, celui du « désordre urbain », vis-à-vis duquel l'urbanisme s'était construit comme la solution « bonne » puisque scientifiquement « vraie », mais qui le constituerait à son tour en tant que problème par excellence de la ville dans la seconde moitié du XXe siècle.

Dans le cadre de cet article, c'est à la figure contemporaine de ce « désordre urbain » que nous nous intéressons, ainsi qu'à l'ordre nouveau qu'il présuppose et appelle : soit la ville numérique (au sens large). Tel que nous l'avançons, se perçoivent en somme chez Choay les signes précurseurs de ce que l'on pourrait appeler – suivant Bruno Latour (1994, p. 22) – le « paradoxe des modernes » lorsque celui-ci frappe à l'échelle de la ville – paradoxe auquel l'acception courante et péjorative du mot « urbanisation » fait écho. En première partie, nous revisitons donc brièvement l'histoire d'un discours et d'une trajectoire institutionnels intimement liés à l'émergence de l'urbanisation en tant que figure contemporaine du « désordre

urbain » : à savoir, celle du *Programme des Nations unies pour les établissements humains* (ONU-Habitat). À la lumière de ce discours et de cette trajectoire, la question se pose de savoir pourquoi et comment le sens du mot « urbanisation » tend aujourd'hui à se retourner, en suscitant l'engouement auprès d'un aussi vaste éventail d'acteurs sociaux, tous azimuts : en somme, *comment comprendre le retournement qui s'opère à travers le discours de l'ONU-Habitat et l'engouement que ce discours suscite aussi largement, alors même que la réalité du fléau (environnemental et sanitaire, social et humain) que l'expression incarne à ce jour dans le sens commun, ne cesse de s'affirmer avec plus fermeté et de s'étendre à plus d'individus?*

En seconde partie, en nous appropriant notamment l'intuition que Choay développe implicitement entre 1965 et 1980, et qu'elle explicite plus tard dans *Le règne de l'urbain et la mort de la ville* (publié en 1994), nous nous donnons des repères conceptuels inusités pour explorer la saillance contemporaine de ce paradoxe et esquisser des propositions en guise de réponse à la question, en lien avec l'avènement soi-disant révolutionnaire de la ville numérique – aussi dite connectée, intelligente, durable, créative, « en transition », *Fab*, collaborative, ou résiliente[48] (Ambrosino et al. 2018). Ces repères conceptuels servent donc de base et de fil conducteur en

---

[48] D'autres qualificatifs existent sans aucun doute, alors qu'en revanche chacun de ceux qui sont ici amalgamés a sa couleur propre qui le distingue et lui accorde une place dans l'histoire qui met en tension, d'une part, les logiques déterministes et exogènes qui relèvent de la « ville intelligente », et d'autre part, le caractère endogène, informel, inattendu des Laboratoires citoyens et autres « lieux interstitiels » typiquement associés au mouvement des « makers » (Ambrosino, Guillon et Talandier, 2018; Besson, 2018). L'objectif est donc ici davantage de traduire l'effervescence que suscite les potentialités actuelles et à venir de la ville et de l'urbain – diversement, mais nécessairement numériques – eut égard aux grands enjeux du temps présent. En ce sens, peu importe comment on les qualifie – écrit Antoine Picon (2016 : 14) – « nos villes sont déjà intelligentes » dès lors qu'elles sont conçues sous l'angle du processus qu'elles constituent à échelle humaine.

troisième et dernière partie, laquelle nous permet d'avancer que la ville numérique peut se concevoir comme *un processus collectif d'adaptation* (tel que le suggère déjà Antoine Picon) qui crée de nouveaux problèmes à mesure et à partir de ceux-là même qu'il résout; mais surtout – et c'est là, à notre avis, l'élément de nouveauté –, la ville numérique crée et rend visibles ces problèmes *en temps réel, avant même* que les processus de résolution à leurs origines ne soient eux-mêmes achevés. En sorte que tout se donne de plus en plus d'un seul coup dans la ville numérique, comme si le temps s'y trouvait collapsé à l'extrême et les frontières de l'urbain étendues à l'infini; ou encore – en empruntant à nouveau les mots d'Antoine Picon – comme si la possibilité d'une histoire se suspendait « à la faveur d'un présent éternel ou d'un futur si proche de ce que nous connaissons déjà qu'il ne nous apparaît plus autrement que comme l'intensification des conditions actuelles », en n'ayant plus que « l'apocalypse environnementale comme perspective notable de changement » (Picon, 2015, p. 154). En un sens, donc, le temps disparaît dans la ville numérique, mais l'urgence socio-environnementale à laquelle elle est censée répondre ne s'y ressent ni n'acquiert plus d'emprise sur l'action collective, sinon sous la forme de logiques contradictoires qui érigent toutes diversement la carte de ville en solution et symbole d'une nouvelle résilience. Autrement dit, tout se passe comme s'il était impossible de croire à la catastrophe (ontologiquement) et, donc, de l'agir (phénoménologiquement), et cela même pour ceux qui sonnent l'alarme le plus énergiquement ou qui transforment la ville le plus concrètement (Dupuy, 2002; 2008; 2012).

Tout au long du texte, la question se pose donc de savoir si, par-delà la multiplication des approches de la ville (disciplinaire, interdisciplinaire, transdisciplinaire) et le degré de sophistication sans cesse croissant des modèles ou modes d'intervention auquel elles donnent lieu, on peut encore parler de problèmes et de solutions – c'est-

à-dire de résolution de problème – ou s'il ne conviendrait pas plutôt de parler d'*autre chose*. Et s'il convenait effectivement de parler d'autre chose, alors *de quoi* faudrait-il parler?

5.2 L'urbanisation : figure contemporaine du « désordre urbain »

Au moment où Choay décelait le « désordre urbain » au sein des textes fondateurs de la discipline urbanistique, elle prenait bien soin de préciser eu égard à la métropole que son existence date de l'Antiquité, de sorte son statut ou caractère « moderne » pouvait sembler difficile à défendre. Elle écrit : « ... sinon Ninive et Babylone, du moins Rome et Alexandrie posaient déjà pour leurs habitants certains des problèmes que nous vivons aujourd'hui. » (Choay, 1965, p. 7) La précision reste importante, ce pour quoi nous la reprenons ici. Il en va d'ailleurs de même pour « la cité machiniste » – première forme de ville moderne, en quelque sorte –, dont l'aménagement pose « problème » dès les premières décennies du XIXe siècle : c'est-à-dire avant la naissance formelle de l'urbanisme (vers la fin du XIXe siècle), et bien avant que la ville moderne ne devienne à son tour métropole (Choay, 1965). « Mais – clarifiait-elle – la métropole était alors une exception, un cas extraordinaire », alors que l'« on pourrait au contraire désigner le XXe siècle comme l'ère des métropoles » (Choay, 1965, p. 7) :

> Celles-ci atteignent [en 1965] des chiffres de population devant lesquels avait reculé l'imagination des esprits les plus audacieux. David Hume ne fut-il pas l'un des plus aventureux qui, dans un essai *On the Populousness of Ancient Nations*, estimait que « d'après l'expérience des temps passés et présents, il y a une sorte d'impossibilité à ce qu'aucune cité puisse jamais s'élever au-delà de 700 000 habitants ». Seul, à son époque, William Petty approchait de la réalité lorsque, en 1686, il fixait à cinq millions le chiffre limite de la population future de Londres. En 1889,

> Jules Verne prévoira des villes de dix millions d'habitants, mais seulement pour 2889. (Choay, 1965, p. 7)

Ainsi, c'est dans les années 1950 que le phénomène de l'« urbanisation » est nommé en tant que tel. Celui-ci n'a en soi rien de neuf, mais il acquiert son caractère structurant au XXe siècle, comme pour la métropole, en émergeant graduellement en tant que nouvel enjeu critique du développement et objet d'un volume de recherches sans cesse croissant. En matière d'urbanisme et de planification urbaine, l'historique des publications qui traite de l'urbanisation au sein du journal *Ekistics* permet d'ailleurs de prendre la mesure de cet intérêt croissant. En janvier 1975, l'Assemblée générale des Nations Unies crée la Fondation des Nations Unies pour l'habitat et les établissements humains, mais ce n'est qu'en 1976 – à l'occasion de la toute première conférence internationale des Nations Unies dédiée à l'urbanisation, dite Habitat 1, et tenue à Vancouver – que l'« urbanisation incontrôlée » se voit formellement inscrite parmi les problèmes prioritaires à l'échelle mondiale : l'on y constate que les villes grossissent de manière désordonnée, sans planification, polluant air et eau, détériorant la biosphère, et engendrant l'exploitation irrationnelle de ressources naturelles; qu'une telle urbanisation – inacceptable en ce qu'elle « condamne des millions d'individus à une vie de pauvreté, qui ne satisfait pas aux exigences de base en matière de nourriture, d'éducation, de services de santé, de logement, d'hygiène environnementale, d'eau et d'énergie » (ONU, 1976) – s'observe surtout dans les pays en développement, mais que ses coulées descendent de toutes les villes sans exception; qu'elle s'avère directement attribuable à la croissance économique inéquitable qui s'est installée à l'échelle mondiale depuis trente ans; et qu'elle « se reflète à travers les énormes disparités qui existent désormais entre les nations et entre les individus » (ONU, 1976). L'on constate en somme que si rien n'est fait, compte tenu de la tendance prévue à l'accroissement rapide de la population mondiale au

cours des vingt-cinq années à venir, l'état de crise s'aggravera et touchera un nombre sans cesse plus important d'individus.

Tels étaient donc, en gros, l'état de situation et l'inquiétude exprimés par « les nations du monde » en 1976, inquiétude qui motiverait la création (en décembre 1977) des précurseurs d'ONU-Habitat – soit la Commission des Nations Unies pour les établissements humains (un organisme intergouvernemental) et le Centre des Nations Unies pour les établissements humains (communément appelé « Habitat ») –, sans pour autant que ceux-ci ne se soient financièrement et politiquement soutenus à la hauteur des enjeux au cœur de leur mission[49]. Le corps urbain – constatait-on – souffrait d'une excroissance grave et sans précédent qui rendait impératives la déclinaison et l'application à l'échelle des villes de ce qui venait à peine de se formaliser en tant que *Nouvel ordre économique international*. Sans que ne soient encore nommés le phénomène et la forme au cœur des maux de la « ville-région globale » en émergence, c'est néanmoins de bidonvilles géants dont il s'agissait déjà. Et suivant l'ampleur du phénomène, les États-nations étaient déjà incités à penser, à élaborer et à adopter – en collaboration avec les populations locales concernées – des plans, politiques et programmes (PPP) d'aménagement du territoire fondés dans « un cadre de liberté, de dignité et de justice sociale »[50]. Ainsi, nonobstant l'esprit de décentralisation que ces PPP commencèrent à incarner en matière d'aménagement

---

[49] Tiré de : < https://fr.unhabitat.org/a-propos/history-mandate-role-in-the-un-system/ >, page consultée en mars 2019.

[50] The Vancouver Declaration on Human Settlements : < http://www.unhabitat.org/campaigns/tenure/legal/van_dec.htm >

territorial ou la prise de conscience qu'ils induisirent d'une tension entre les potentialités (ou promesses) de la ville et les effets dévastateurs de l'urbanisation (Cohen, 2012) – notamment aux plans humain et environnemental –, leur succès s'est avéré mitigé. Il fallut attendre 2002 pour que – dans la foulée de la Déclaration du Millénaire des Nations Unies – le mandat d'*Habitat* soit renforcé et que son statut soit élevé à celui de programme à part entière au sein des Nations Unies, pour ainsi donner naissance à ONU-Habitat. Depuis l'ores, « ONU-Habitat [est] au cœur des priorités de l'ONU » et pleinement habilité à « contribue[r] activement à l'objectif global des Nations Unies de réduction de la pauvreté et de promotion du développement durable »[51]. Mais les enjeux de l'urbanisation n'en demeurent pas moins criants et sans cesse croissants. En ce qui a trait tout particulièrement aux formes de la ville, les PPP qui naquirent en 1976 et évoluèrent ensuite dans le cadre de ce que l'on appelle aujourd'hui (depuis 2016) : l'« ancien agenda urbain » (ONU-Habitat, 2016b), ne parvinrent pas à pallier les effets avilissants et invisibilisants de « l'urbanisation du monde » (Moriconi-Ebrard, 1993). En 2016, il était devenu évident pour ONU-Habitat que « les conditions de vie dans les bidonvilles [pouvaient] être améliorées » (ONU-Habitat, 2016, p. 57) – « 320 millions de personnes en [avaient] été sorties entre 2000 et 2014 » (ONU-Habitat, 2016, p. 57) –, mais l'habitat informel allait croissant tout en continuant d'être généralement pourchassé (Aguilera et Vitale, 2015; ONU-Habitat, 2016), et donc nié en tant qu'« expression d'un besoin brut » et d'une « inéligibilité au logement dont la responsabilité ne peut reposer sur ceux qui la subissent » (Joffroy, 2017, p. 43). L'excès des capacités des

---

[51] Tiré de: < https://fr.unhabitat.org/a-propos/history-mandate-role-in-the-un-system/ >, page consultée en mars 2019.

administrations urbaines constaté était d'ailleurs tel que l'enjeu serait officiellement identifié comme « persistant » à partir de 2016 (ONU-Habitat, 2016, p. 13) : en termes relatifs, la part de la population urbaine qui vivait en bidonvilles était en baisse (passée de 46% à 29% entre 1990 et 2014), mais partout, le nombre absolu des individus qui les habitaient ne cessait d'augmenter, en « démontr[ant] clairement l'échec des villes à suivre le rythme de la croissance urbaine » (ONU-Habitat, 2016, p. 57). Selon l'ONU-Habitat :

> Slums are the products of failed policies, poor governance, corruption, inappropriate regulation, dysfunctional land markets, unresponsive financial systems, and a lack of political will.(ONU-Habitat, 2016, p. 57)

La croissance ou même l'existence de bidonvilles n'aurait en ce sens rien de la fatalité et tout du problème soluble : si *nous* le voulions vraiment – est-il insinué –, *nous* pourrions collectivement enrayer le phénomène et ainsi mettre fin à la pauvreté urbaine.

Pour l'ONU-Habitat, le constat forcé de l'échec des villes se faisait donc en dépit des politiques publiques et des succès par ailleurs tangibles d'un vaste mouvement – dit « pro-poor » – visant depuis le début des années 2000 à favoriser la prise en compte sensible des réalités migratoires et des dynamiques d'exclusion dans la planification urbaine (ONU-Habitat, 2004; 2006; 2011). Pour d'autres, cependant, le constat se faisait à l'opposé, en tenant précisément responsables les mêmes politiques (ou leurs déclinaisons locales) de « produire des situations d'illégalité urbaine et de vulnérabilité socio-résidentielle » (Aguilera et Vitale, 2015, p. 69). Pour ces seconds, il importait donc urgemment de prendre acte du fait que « les bidonvilles actuels sont bien le produit des politiques publiques mises en œuvre au cours du XXe et du début du XXIe siècle, et non le seul résultat 'd'invasions migratoires' » (Aguilera et Vitale,

2015, p. 69) : en ce sens, « il n'existe[rait] pas *une* politique des bidonvilles en Europe » ni ailleurs dans le monde, et « l'action publique correspond[rait] plutôt à un ensemble d'instruments, de pratiques et de discours, plus ou moins institutionnalisés » (Aguilera et Vitale, 2015, p. 72), qu'à un processus allant dans le seul sens de l'amélioration des conditions de vie de personnes identifiées ou identifiables comme vulnérables a priori (c'est-à-dire en dehors et sans égards aux politiques).

> Loin d'être ambiguës [ces politiques] sont [elles-mêmes] facteurs de segmentation et de refoulement des groupes sociaux, et de fragmentation des territoires : l'intégration de certaines familles s'accompagne toujours de l'éviction de beaucoup d'autres. [...] En ce sens, loin de l'idée d'un chaos urbain, les bidonvilles sont des produits des politiques urbaines et sociales, et les dispositifs censés les résorber les entretiennent. (Aguilera et Vitale, 2015, p. 72)

Suivant cette seconde perspective, c'est le serpent qui se mord la queue (Roy, 2005). Et tel le constatent par ailleurs Santarius, Walnum et Aall (2016) ou Naess (2016), ce schéma circulaire s'avère tout à fait transposable sur le plan environnemental, tout particulièrement en matière de changement climatique. À tel point que la question se pose désormais de savoir si les « solutions » urbaines dégagées et mises en œuvre au cours des dernières décennies en matière de transport, d'efficacité énergétique, ou de densification urbaine ne contribuent pas aux dépassements des seuils d'émissions de gaz à effets de serre (davantage qu'à leur mitigation), et cela par la voie d'« effets rebonds ». Les auteurs expriment ainsi le concept :

> Global data indeed suggests that over the long run, energy efficiency has steadily increased in most countries; i.e. energy use per unit of consumption or per dollar of gross domestic product has declined. But at the same time, absolute energy consumption has increased in most

> nations or at best remained stable in very few countries – apart from certain phases of absolute reductions that could clearly be attributed to economic breakdowns […]. While this paradox can have many reasons, one of them has been found in *the systemic relationship between efficiency and expansion*; notably, that it is the efficiency improvement as such that enables, or even causes, an increase in demand. This phenomenon is termed the *'rebound effect'*. It raises doubts whether straightforward efficiency policies, such as the new US standard for heating and cooling devices, the tightening of the 2030 EU energy efficiency target, or others, can live up to their promises of producing substantial reductions in GHG emissions unless they are embedded in more comprehensive policy designs that address potential rebound effects at the same time. (Santarius, Walnum et Aall, 2016, p. 2)

L'existence de tels « effets [environnementaux] rebonds » est supposée, sinon reconnue, depuis fort longtemps en économie, mais celle-ci ne se serait pas traduite avant fin des années 2000 sur le plan politique, et nous n'en sommes encore qu'aux balbutiements (Santarius, Walnum et Aall, 2016).

Ainsi, nonobstant les lectures divergentes qui cohabitent quant à la part de responsabilité des politiques urbaines dans l'emballement paradoxal du climat ou de la forme-bidonville (par exemple), le constat de l'ampleur croissante de ces « problèmes » n'en demeure pas moins unanime : la pauvreté absolue et la dégradation de l'environnement immédiat qui cristallisent massivement dans les bidonvilles géants du Sud Global trouvent leurs analogues au Nord, d'une part, dans la multiplication des espaces et des formes de l'exclusion (physiques, civiques, socioéconomiques et culturelles) et la prolifération correspondante des personnes exclues; et d'autre part, dans des mécanismes d'amplification du changement climatique fondamentalement corrélés avec « le modèle d'urbanisation dominant » (ONU-Habitat, 2016, p. 5), ou même avec son alternative, laquelle s'incarne à travers

des stratégies de modernisation écologique propres à la planification urbaine, comme celle de la densification des quartiers (Naess, 2016).

À tout prendre, donc, c'est dans une proportion croissante que la ville du XXIe siècle semble devenir partout davantage, et partout à sa façon *terra incognita* : une part grandissante de la réalité urbaine existe et gagne en stabilité au-delà du connu (visible, visibilisé) et du formel (officiel, officialisé), lesquels dépendent radicalement de leur contraire pour se maintenir dans l'ordre de l'admissible – et ce tout autant sur le plan social qu'environnemental. Les bidonvilles du Sud Global constituent certes l'extrême manifestation d'un tel rapport – de longue date problématisé (Nélisse, 1994; Roy, 2005) – entre le formel et l'informel urbains, mais c'est indépendamment des catégories et des logiques du développement que l'informel et l'invisible semblent désormais s'instituer en tant que condition de possibilité des formes autorisées et projetées de la ville. Le cas de Mumbai est à cet égard éloquent, mais Los Angeles, New York, Toronto ou Montréal entretiennent elles aussi vraisemblablement leurs dépendances à l'habitat ou à l'emploi informel[52], ainsi qu'à l'invisible social des effets environnementaux rebonds (voir par ex. : Holden et Norland, 2005; Naess, 2016; Ottelin, Heinonen et Junnila, 2017). Sans les multiples visages de l'informalité ou les « effets de bonne conscience » environnementale qui s'y incarnent, la ville n'arrêterait-elle pas, partout, tout simplement de « fonctionner »? « Si le méga-bidonville [de Dharavi] disparaissait, Mumbai perdrait une si grande proportion de [sa force de travail] [...] que la capitale commerciale de l'Inde cesserait tout

[52] Pour le cas de Los Angeles, voir : Flaming, Haydamack, et Joassart (2005). Voir aussi Harris (2017), pour une appréciation plus générale de l'informel urbain.

simplement de tourner » (Weinstein, 2014, p. 174). Similairement, « ce sont des groupes socialement et politiquement exclus qui constituent [en 2016] la plus grosse part de la force de travail informelle à Los Angeles County », laquelle correspond à 54% du tout (ONU-Habitat, 2016, pp. 70-74). Et à New York, la ville serait scindée (ou duale) à tel point que l'on se demande « qui sera bientôt encore là pour servir [...] les élites économiques de la ville » (Holland, 2014; oir aussi : ONU-Habitat, 2016, p. 19) advenant que les prix des denrées les plus essentielles – partout corrélés aux revenus des *traders* de Wall Street, des travailleurs de la *tech* industrie, ou de ceux du tourisme et du divertissement – ne cessent leur fulgurante ascension (ONU-Habitat, 2016, p. 19). En surplomb, finalement, la question se pose désormais de savoir comment une ville peut réduire ses émissions de gaz à effets de serre de manière effective (c'est-à-dire en termes absolus), si tant est que toute « amélioration de l'efficacité [faite dans le cadre du mode de développement actuellement dominant] favorise en elle-même une augmentation de la demande, ou même en devient la cause première » (Santarius, Walnum et Aall, 2016, p. 2), en minant ce faisant à sa racine l'effort de mitigation de l'impact environnemental qu'elle est sensée soutenir.

La pauvreté absolue comme passage obligé vers l'urbain sépare donc certes drastiquement les processus de transformation d'une ville comme Mumbai de ceux qui prévalent dans la plupart des villes nord-américaines ou européennes. Mais il devient néanmoins de plus en plus clair qu'une « ville-région globale » comme Mumbai ou New York entretiennent des parentés importantes, tout en cristallisant indépendamment les traits et dynamiques d'un système mondial qui les intègre et les dépasse, en même temps qu'il se trouve totalement incarné en elles (Segbers, 2007, pp. 1-26). De sorte que si le XXe siècle fut l'ère des métropoles, il semble que « le problème de la ville » (Choay, 1965, p. 7) au XXIe siècle soit encore autre chose : à

savoir, un « désordre urbain » qui nous apparaît tout aussi ancien et connu dans sa forme, qu'insaisissable et étonnant dans l'ampleur dramatique et sans cesse accrue de ses effets – socio-sanitaires, environnementaux, politique, etc. Sans qu'il ne soit tout à fait permis d'y croire – car cela n'équivaudrait-il pas, en effet, à baisser les bras? –, tout se passe comme si l'urbanisation constituait bel et bien un problème insoluble. Et n'est-ce pas là, d'une certaine façon, ce que traduit le retournement qui s'opère depuis peu dans le sens du mot : « urbanisation »?

> The New Urban Agenda must seek to create a mutually reinforcing relationship between urbanization and development, the aim being that they become joint vehicles for sustainable development. […] In this sense, the New Urban Agenda must set out the conditions needed to support a paradigm shift towards a new (i.e. positive) model of urbanization that can better respond to the challenges of our time. Issues such as inequality, climate change, informality in the urbanization process and in job creation, and the unsustainable forms of urban expansion, are all of pressing importance. The New Urban Agenda must respond to these challenges, devising a well-articulated set of strategies that will transform urbanization into a tool of development at city and country level. (ONU-Habitat, 2016, p. 178)

Du fléau qu'elle incarnait pour l'ONU-Habitat (et qu'elle incarne à ce jour dans le sens commun), l'urbanisation devient donc depuis 2016 « une force transformative » qui « a aidé des millions de gens à échapper à la pauvreté via une productivité accrue, des occasions d'emplois, une qualité de vie améliorée et un investissement à grande échelle en matière d'infrastructure et de services » (ONU-Habitat, 2016, p. 27). Mais compte tenu des enjeux (environnementaux et sanitaires, sociaux et humains) sans cesse grandissants dont attestent les dynamiques paradoxales de l'urbanisation esquissées plus haut, comment comprendre un tel retournement; et comment

comprendre que celui-ci parvienne à susciter aussi largement l'intérêt, et même l'engouement?

En première approche, nous proposons d'aller aux sources du « désordre urbain » en question, c'est-à-dire là où, dans la ville du XIXe siècle, se serait opérée la rupture entre une ville-*tradition* et une ville-*modernité*.

5.3 La naissance du « désordre urbain »

Suivant F. Choay, le problème du « désordre urbain » qui fonde la discipline urbanistique au XIXe siècle, ou plutôt, son élément essentiel, tient au caractère (perçu comme) arbitraire des formes de la ville industrielle qui émergent alors : comme auparavant, lorsque le sacré et la religion étaient « les grands ordonnateurs de l'espace humain » (Choay, 1980, p. 10), un « nouvel ordre » se crée « selon le processus traditionnel de l'adaptation de la ville à la société qui l'habite » (Choay, 1980, p. 11). Mais cette fois, c'est suivant un phénomène qui semble totalement dépourvu de sens – c'est-à-dire qui semble indépendant de toute volonté, humaine ou divine – que s'opèrent les changements sous l'impulsion organisatrice (encore imperceptible en tant que telle) des industries montantes :

> Dans le temps même où la ville du XIXe siècle commence à prendre son visage propre, elle provoque une démarche nouvelle, d'observation et de réflexion. Elle apparait soudain comme un phénomène extérieur aux individus qu'elle concerne. Ceux-ci se trouvent devant elle comme devant un fait de nature, non familier, extraordinaire, étranger. [...] Ils [les pré-urbanistes, comme Owen, Fourier, Considérant, Proudhon, Ruskin, Morris, Cabet ou Richardson] refusent de considérer ces tares [les défauts de la ville industrielle] comme l'envers d'un ordre nouveau, d'une nouvelle organisation de l'espace urbain, promue par la révolution

> industrielle et le développement de l'économie capitaliste. Ils ne songent pas que la disparition d'un ordre urbain déterminé implique l'émergence d'un ordre autre. Et c'est ainsi qu'est avancé avec une étrange inconséquence, le concept de désordre. [...] Ce qui est ressenti comme désordre appelle son antithèse, l'ordre. Aussi voit-on opposer à ce pseudo désordre de la ville industrielle, des propositions d'ordonnancements urbains librement construites par une réflexion qui se déploie dans l'imaginaire [pré-urbaniste]. (Choay, 1980, p. 11-15)

Tel que ce dernier extrait le suggère, ledit « désordre » doit tout d'abord être conçu comme une catégorie empirique dont le caractère opérant résulte du glissement dans le sens qu'elle effectue entre, d'une part, la ville soudainement perçue comme « un phénomène extérieur aux individus qu'elle concerne » (c.-à-d. comme une fatalité), sans pour autant correspondre à la volonté de Dieu; et d'autre part, une ville dont on peut se saisir à la manière d'une « forme-problème », en se donnant ce faisant une emprise sur les événements et (ultimement) sur le monde présent et à venir. L'historienne Hélène Vérin (1993) nous en fournit le concept et les racines.

5.3.1 La « forme-problème »

En dépit du caractère d'évidence et de naturalité que la résolution de problème revêt aujourd'hui, nous concevons – suivant Vérin (1993) – la « mise en forme-problème » comme une manière d'appréhender le monde qui ne va pas de soi, et qui n'a pas toujours été aussi totalisante de la pensée qu'elle l'est aujourd'hui. Pour Vérin (1993), c'est entre le XVIe et le XVIIIe siècle, en proche relation avec la naissance de l'ingénierie moderne, qu'« un modèle se met en place qui doit permettre de régler ces processus [d'abstraction qui sont orientés vers l'action, et qui avancent en allant du confus vers le complexe], celui du 'problème à résoudre' » (Vérin, 1993, p. 11). Au cours de cette période – avance-t-elle –, « la possibilité de donner à une situation la forme d'un problème, le fait même que l'on a envisagé la possibilité de l'aborder

selon cette forme, le fait d'en avoir la représentation et les moyens de la représentation » (Vérin, 1993, p. 11) émerge et s'institue graduellement en tant que principe intégrateur de la « discorde » : c'est-à-dire, de ce qui se ressent alors comme une « universelle contrariété ». L'« universelle contrariété » – suivant les textes de l'époque qu'interprète H. Vérin dans *La gloire des ingénieurs* –, c'est la « discorde » totale et autonome face à laquelle des êtres humains d'hier et d'aujourd'hui se sentent complètements impuissants, et parfois pris de panique. Le XVIe siècle européen mis en récit par H. Vérin en fournit l'archétype, car « il ne s'agit pas [encore] d'un désordre, mais d'un état du monde : c'est la guerre entre les animaux, entre les plantes, entre les éléments, et, jusqu'au sein de la matière, entre ses qualité contraires. » (Vérin, 1993, p. 76) Autrement dit, il s'agit d'une fatalité qui relève de la volonté de Dieu.

À travers ce dernier principe intégrateur, la « discorde » devient donc « désordre » et appelle ainsi son propre dépassement par les voies de la technique, alors que celles-ci sont encore suspectes et largement transgressives des idéaux du temps – comme l'idéal chevaleresque ou les principes de la guerre juste. Étaient alors en effet tenus pour illégitimes les artifices et innovations des « engegniours » militaires, comme les forteresses et l'artillerie (Vérin, 1993, pp. 43-130) : contre les premières, on affirmait que « la campagne [devait] se faire en droiture parce qu'entrer dans les ruses et stratagèmes [était] renoncer à la pure affirmation de sa puissance qui s'éprouve dans l'exploit, le risque assumé de la mort dans le face à face » (Vérin, 1993, p. 95); contre l'artillerie, sans doute encore plus transgressive, on disait qu'elle « cré[ait] la panique. [Et] la panique, c'[était] l'impossibilité de la vertu guerrière, l'inefficacité des institutions militaires » (Vérin, 1993, p. 81).

C'est donc en allant à l'encontre de tels idéaux que la « discorde » se double alors d'un « désordre », à mesure que se perfectionne l'art des ingénieurs : c'est-à-dire qu'elle se double d'une « contrariété grosse d'un ordre à réaliser », à travers laquelle il devient possible d'agir sur ce qui avait jusque-là été conçu comme relevant assez exclusivement de la volonté ou du domaine de Dieu[53]. Au XVIIIe siècle, lorsque de telles technologies paraissent plus généralement acceptables, il peut être considéré que la « discorde » (généralisée, inaltérable) est devenue « désordre » (localisable, divisible, provisoire), lequel appelle déjà et appellerait sans cesse plus puissamment à son propre retournement. Ainsi, c'est à « cette mise en forme problème que reviendrait l'essentiel de la technologisation des arts » (Vérin, 1993, p. 12) d'hier à aujourd'hui – technologisation dont l'un des plus récents avatars s'avère sans doute la conception, le codage et le déploiement logiciels d'algorithmes qui, notamment dans la ville intelligente, sont aptes non plus seulement à résoudre, mais aussi à identifier de manière autonome des problèmes (Rouvroy et Berns, 2013). Suivant les mots de l'époque, cependant, c'était plutôt de « réduction en art » dont il était question, ce qui n'en laissait pas moins présager la puissance symbolique de la tradition qui s'inaugurait alors :

> [At the time] The term 'art' designate[d] the whole of the processes or the prescriptions which cover[ed] and solve[d] all the possible cases within a

---

[53] Il ne s'agit pas ici d'essentialiser les arts des ingénieurs, sinon que d'illustrer en quoi les flux du sens se transforment en irriguant les territoires d'une pensée que nous connaissons, celle de la « forme-problème », et qui nous apparaît aujourd'hui comme la seule possible, surtout à l'échelle collective. Tel que le précise H. Vérin, l'humanisme alors montant contribue à sa façon au retournement des mentalités, mais c'est là un fait incontesté. En revanche, la naissance graduelle de l'ingénierie moderne ne s'y trouve que très rarement associée, alors même qu'elle peut aider à y voir plus clair. C'est à tout le moins ce que nous avançons.

> given field. Fencing, oneiromancy, poetry, the solving of a type of mathematical problem were 'reduced to art' when the way was found to mechanize the exercise completely. Logic 'reduced to art' would thus teach the manner of winning disputes infallibly or of discovering all the truths accessible to reasoning. (Klein, 1960, p. 108)

Le « désordre », ainsi conçu – c'est-à-dire comme le signe (et le signal) décelé à l'origine de la constitution d'un art, lequel ouvre vers la possibilité de résoudre *tous* les cas-problèmes propres à un champ donné –, permet donc au sens de circuler entre les contraires en même temps qu'il permet à la ville de ne plus se concevoir uniquement comme aux prises avec la violence d'une « universelle contrariété » : à savoir, un désordre-*fatalité* qui s'abat sur soi ou le monde, et à l'inverse, un désordre-*potentialité* qui dote certains individus et collectifs d'une capacité à le transformer. Par la voie des écrits pré-urbanistiques qui se construisent comme « l'expression d'une simple contrariété, c'est-à-dire d'un simple désordre qui appelle l'ordre, et non le dénie » (Vérin, 1993, p. 82), la ville devient en somme « grosse d'un ordre à réaliser, et c'est aux hommes de s'y appliquer, la tâche est [désormais] devant eux » (Vérin, 1993, p. 82).

5.3.2 Le passage à l'acte de l'utopie : institution de la « forme-problème » dans la ville

En outre, les « propositions d'ordonnancements urbains » qui préfigurent les réalisations des urbanistes dans la ville du XXe siècle, Choay les appelle des « modèles », et cela pour une raison importante qu'elle clarifie à l'occasion d'un ouvrage subséquent, *La règle et le modèle* (publié en 1980). Pour elle, ces « modèles » sont des modèles en ce qu'ils opèrent une mise en ordre bien particulière de l'espace bâti, qui tire ses principes (ou sa règle) en allant de l'imaginaire (virtuel et

décontextualisé) à l'espace édifié (matériel et infiniment reproductible) en passant par l'utopie (et son dépassement) :

> Un caractère commun à tous les textes du pré-urbanisme justifie leur regroupement. Tous accordent au modèle spatial une place beaucoup plus importante que ne faisait le paradigme moréen. [...] Espaces collectifs et logements privés sont décrits avec une égale minutie par Owen, Fourier, Cabet, Richardson : c'est la *surspatialisation* du modèle [...]. Cette hypertrophie du modèle spatial signale le moment où l'utopie se mobilise pour tenter de dépasser son statut de livre et passer à l'acte, c'est-à-dire à l'édification d'espaces réels. (Choay, 1980, p. 272-273)

L'utopie (en tant que style littéraire) passe donc à l'acte, au sens où elle se dote d'un réalisme qui suggère son caractère opératoire : depuis le reflet et la critique du désordre-*fatalité* que sa trame onirique avait jusqu'alors constitués – et à laquelle « seuls les philosophes, hélas, ou les fous [avaient été] capables d'y croire » (More, 1997, quatrième de couverture) –, l'utopie glisse vers et se fond dans le désordre-*potentialité*, tout en préparant son ascension. De sorte que c'est sur le fond d'un tel mouvement que se serait instituée la discipline urbanistique au XXe siècle, en tant que « figure textuelle instauratrice d'espace » (Choay, 1980, p. 283) dont la nouveauté distinctive était de prétendre explicitement « à faire œuvre scientifique » (Choay, 1980, p. 284) : entre l'utopie-*littérature* et l'utopie-*action* (ou encore l'utopie-*projet*), il y eut en somme *une prétention à la scientificité* qui canalisa la puissance symbolique de la « forme-problème » dans l'axe de la *potentialité* qu'elle recèle, tout en niant la part de *fatalité* qui la constituait tout autant.

Afin de marquer la singularité l'utopie-*action* que les discours lui révèlent, Choay regroupe les écrits d'urbanisme qui l'incarne sur la base de trois grands traits : soit 1) leur auto-désignation en tant que « scientifique »; 2) l'antinomie qu'ils articulent et

résolvent entre une ville-désordre et une ville-modèle à réaliser, mais toujours posée comme réalisable; et enfin, 3) la mise en récit qu'ils opèrent plus ou moins explicitement d'un héros-constructeur. Ces derniers traits balisent les contours de ce qu'elle nomme alors : « la théorie d'urbanisme », dont on peut penser que la « figure mythisante » (Choay, 1980, p. 331) tenue en héritage de l'utopie-*littérature* reste en fonction à ce jour, mais non plus tellement à travers la discipline urbanistique – dont les modèles semblent soit avoir été relégués par d'autres (voir par ex. Guildi, 2018), ou avoir été abandonnés au profit d'un « tournant participatif » plus contemporain (Banham et al., 1969; Barker, 1999; Gossé, 2000; ONU-Habitat, 2016) – que par le biais de discours qui promeuvent la ville numérique et qui l'effectuent concrètement (tel que nous le verrons) par l'édification d'espaces urbains hybrides, et cela sans pour autant appartenir à la discipline ni même entrer en dialogue avec elle.

Tel que nous le concevons ici, le problème du « désordre urbain » décelé par Choay au fondement de la discipline urbanistique n'était donc pas un problème à résoudre. Plutôt, en nous inspirant d'U. Beck, ledit désordre est conçu comme un *paradoxe induit latent* : à savoir, comme « le paradoxe des modernes » s'injectant en latence dans la ville au cours du processus de modernisation de la tradition, pour ensuite y devenir périodiquement saillant, au cours de l'actuel processus de modernisation de la société industrielle (Beck, 2008). À la différence du problème fondateur (ponctuel et initial) que Choay expose à partir des écrits pré-urbanistiques, le paradoxe tient donc fondamentalement à ce que *chaque fois qu'un ordre urbain est rompu* (même le plus moderne ou récent d'entre eux), « un nouvel ordre se crée, selon le processus [réputé] *traditionnel* de l'adaptation de la ville à la société qui l'habite » (Choay, 1965, p. 11,

accent ajouté). Autrement dit, à chaque fois intervient « un phénomène extérieur aux individus qu'elle [la ville] concerne », de sorte que « ceux-ci se trouvent devant elle comme devant un fait de nature, non familier, extraordinaire, étranger » : devant un désordre-*fatalité*, en somme, que surplombe et contient le désordre-*potentialité* au sein des sociétés occidentales. La fatalité est contenue, donc, et devient presque en ce sens un interdit de pensée. En témoigne la célébrité de l'aphorisme de Romain Rolland : « la fatalité, c'est l'excuse des âmes sans volonté » (Rolland, 1915), et les adages populaires qui lui font écho. .Mais la fatalité ne cesse pas pour autant d'exister, et donc d'incarner en silence le paradoxe de la « forme-problème » qui, à sa racine et à sa limite, constitue ce que Jean-Pierre Dupuy (2008) appelle « la marque du sacré » : c'est-à-dire « un mécanisme d'auto-extériorisation de la violence des hommes, laquelle, se projetant hors de leur prise sous forme de pratiques rituelles, de systèmes de règles, d'interdits et d'obligations, réussit à se contenir elle-même » (Dupuy, 2009, p. 348) – le sacré étant ici conçu comme « la 'bonne' violence institutionnalisée qui régule la 'mauvaise violence' anarchique, son contraire en apparence » (Dupuy, 2009, p. 348). Nous revenons sur ce point en troisième partie, sur le fond de dynamiques propres à la ville numérique. Dit en d'autres mots encore : ledit « processus traditionnel de l'adaptation de la ville à la société qui l'habite » n'aurait pas à l'origine été *substitué* – tel que le considère Choay –, mais se serait plutôt *dédoublé* à l'image d'« une discipline spécifique et autonome » dont « la diffusion planétaire et la banalité actuelle nous [ont fait] méconnaître la singularité et l'audace » (Choay, 1980, p. 10). Tel que nous l'avons ici envisagée, c'était l'audace de la « forme-problème » s'instituant singulièrement dans la ville en tant que nouvelle tradition sacrée, et rendant ainsi la ville pleinement moderne. S'enclenchait alors à l'échelle urbaine le cycle oscillatoire qui nous semble aujourd'hui si familier entre, d'une part, un « désordre » qui se conçoit toujours comme un problème à résoudre et, d'autre

part, les solutions plus ou moins nombreuses (l'ordre) qu'il potentialise en masquant ou en enfouissant toujours son caractère de fatalité.

Ainsi, au début des années 1970, alors que les administrations publiques en Europe et en Amérique du Nord parviennent en général difficilement à répondre aux besoins de leurs citoyens en matière de logement et d'emploi, le « processus traditionnel d'adaptation de la ville » se dédouble à nouveau, mais cette fois à l'image d'« une caste d'experts-banquiers dont la tâche principale est de créer des retours élevés pour les investisseurs » (Guldi, 2018, p. 51). Face à la crise, ces agents d'un néolibéralisme montant parviennent à convaincre les administrations publiques de leur capacité « à fournir des logements à bon prix [...] tout en créant des emplois » (Guldi, 2018, p. 53). S'amorce alors à l'échelle urbaine un vaste mouvement d'« accumulation [de capitaux] par dépossession [des espaces] » (Guldi, 2018, p. 58), c'est-à-dire de privatisation d'activités qui avaient jusque-là relevé du domaine public, comme (en particulier) le développement immobilier. L'urbanisme s'en trouve diversement mis en question et relégué à l'arrière-plan, non sans que cela ne compromette les modalités d'une planification urbaine participative encore très imparfaite, mais néanmoins laissée en héritage par l'urbanisme de la première moitié du XXe siècle (Guldi, 2016; 2018).

En réaction récente à une telle « révolution néolibérale » (2018, p. 62) du discours et des pouvoirs organisateurs d'espaces urbains, il semble par ailleurs que le « processus traditionnel d'adaptation de la ville » soit peut-être à nouveau en voie de se dédoubler, cette fois à l'image d'un groupe d'acteurs très hétérogène, mais influent, que l'historienne Jo Guldi nomme (2018, p. 62) : les « participatory activists ». Fondées dans la nouvelle infrastructure numérique des villes contemporaines (tant formelle

qu'informelle) et la culture du logiciel libre (Broca, 2018), leurs activités tiendraient lieu « de [nouveau] front d'intervention urbaine » face aux spéculateurs et développeurs néolibéraux qui dominent encore (2018, p. 62); mais aussi (et plus largement) face aux grands enjeux du temps présent que les villes incarnent désormais en puissance. Les cas de Barcelone et de Madrid paraissent à cet égard emblématiques de la forme que prennent de tels mouvements en Europe ou en Amérique du Nord, tel qu'en traite notamment Besson (2018). En ce sens, le groupe des « participatory activists » aurait pris le relai des *squatters* qui – jusque tard dans les années 2000 – assuraient encore à eux seuls la résistance (Guldi, 2018). Suivant Sébastien Broca (2018), il importe donc dès à présent de prendre acte de la matérialité et de la territorialité des pratiques de cet activisme montant, celles-ci donnant à voir « une reconfiguration générale des formes [historiquement situées] du militantisme », davantage qu'une « spécificité de l'activisme numérique par rapport aux formes d'engagement hors ligne » (Broca, 2018, p. 23). Héritiers d'une tradition de « visionnaires des cartes publiques » (Guldi, 2018, p. 61) qui remonte aux années 1930 et au géographe anglais Dudley Stamp (Guldi, 2016), les mouvements participatifs qui s'associent de nos jours à la « civic tech » ou encore à la « citizen science » pourraient à leur tour constituer une « révolution » (2018, p. 62) : déjà – estime Guldi (2018, p. 61) – « ces mouvements inscrivent activement la collecte et l'observation de données urbaines en tant que partie intégrante d'une résistance au pouvoir étatique ou corporatif dans la ville » (Guldi, 2018, p. 61). Mais quoi qu'il advienne, c'est la fulgurante ascension de la « forme-problème » qui, à travers eux, se poursuit et s'ignore encore en tant que paradoxe.

En un sens, donc, il semble que nous ignorions et nous méconnaissions encore l'élément fondamental de « tradition » que comportent les discours de modernité.

Mais surtout – et c'est là, à notre avis, l'apport crucial du concept de la « forme-problème » –, nous ignorons et méconnaissons la tendance de cet élément de « tradition » à s'actualiser et à resurgir sans cesse, et sans cesse de plus en plus dangereusement, sous l'angle de la *pure potentialité*. Ce que Choay dépeint donc au fil de ces deux ouvrages (entre 1965 et 1980) tout en participant elle-même de l'illustration, c'est la ville en voie de se retourner contre elle-même suivant le triomphe de la « forme-problème » en son sein, et reflétant déjà en partie la circularité d'une modernisation « tronquée » qu'Ulrich Beck situerait plus tard aux origines de *La société du risque* (1986). Ou encore, c'est la ville en tant que double processus contradictoire de purification-prolifération d'« hybrides », et incarnant déjà la formule-choc que Bruno Latour consacrerait en 1994 : « Nous n'avons jamais été modernes ». La ville se retournant déjà contre elle-même, donc, dans un mouvement qui était encore largement subreptice entre 1965 et 1980 – d'où l'exploit accompli par Choay, en quelque sorte, d'avoir commencé à le percevoir.

Aujourd'hui, en revanche, la réalité de ce retournement devient partout de plus en plus tangible. Nous l'avons vu plus tôt : en témoignent l'ampleur et la complexité sans cesse croissantes des enjeux d'une certaine urbanisation, historiquement conçue comme le raté des modes du développement moderne. Et pourtant, le symbolisme purificateur de la « forme-problème » continue de rallier les croyances en sous-tendant l'ensemble des postures épistémologiques qui constituent le spectre de « l'auto-organisation », en allant « de la physique au politique » (Dumouchel et Dupuy, 1983). Ainsi, là où la figure de l'expert ou la technoscience qu'elle incarne se voit critiquée et dénoncée (Beck, 1986; Callon, Lascoumes et Barthes, 2001; Larrère, 2003), il se pourrait bien que les racines symboliques de la « forme-problème » s'entretiennent tout aussi vivement. Mais ce dernier constat n'implique pas pour

autant de cesser ou de diaboliser toute démarche de problématisation, bien au contraire, puisque cela reviendrait à problématiser la « forme-problème » en soi, et ainsi à nier le caractère vital qu'elle a acquis aujourd'hui. En revanche, il importe de prendre la pleine mesure des effets paradoxaux d'une « modernisation [de la ville] qui s'opère [encore] dans l'horizon d'expérience de l'époque *pré*moderne [tout en faisant] place aux problèmes d'une modernisation *autoréférentielle* [de la ville] » (Beck, 2008, p. 22).

Tel que nous le verrons, la prolifération des cartes « participatives » dans la ville numérique est emblématique de tels effets paradoxaux. À travers elle, l'urbanisation devient effectivement *autre chose* qu'un fléau pour les uns et les autres : une urbanisation-*tremplin*, en quelque sorte, dont il s'agit *très diversement* (à différentes échelles d'espace et de temps, et suivant idéaux sociaux, politiques, économiques, etc. différents) d'exploiter les ressorts numériques pour en canaliser la puissance – plutôt que de la subir –, et ainsi opérer la « transition » souhaitée (écologique, sociale, démocratique, énergétique...) : leurs propos traduisant des projets de transformation du monde qui sont diamétralement opposés, Klaus Schwab (2016) et Jonathan Durand Folco (2017) incarnent en quelque sorte les deux extrêmes du spectre des significations qui sont données au mot « transition », à ceci près que tous les deux, chacun à leur façon, consacrent le triomphe de la « forme-problème ». Ainsi, malgré les profondes dissensions qui se perçoivent entre les fondements idéologiques de leurs propositions respectives, Schwab (2016) s'accorderait sans aucun doute avec Durand-Folco (2017) pour dire qu'« il n'y a pas lieu de craindre ou d'espérer, mais de chercher de nouvelles armes » (Deleuze, 1990, p. 242, cité dans Durand-Folco, 2017, pos. 53). Cette modernisation qui est la nôtre, et dont participe la ville numérique suivant une grande diversité de trajectoires parfois antagonistes, est donc

autoréférentielle au sens où ses processus renvoient sans cesse davantage à eux-mêmes, et donc à nous-mêmes et à nos « responsabilités » :

> Les maux qui touchent les sociétés industrielles donnent à beaucoup le sentiment que la fatalité tragique est de retour. Le terme « risque » appliqué au changement climatique ou aux catastrophes industrielles ou sanitaires leur apparaît déplacé : si risque il y a, ils se demandent bien qui l'a *pris*. Parce que ces esprits libres paraissent en revenir à une interprétation religieuse ou mystique du monde, on leur adresse le reproche d'archaïsme. D'ailleurs, ajoute-t-on, *n'est-ce pas parce que plus personne ne croit à la fatalité, et que l'on cherche partout des responsabilités humaines, que les « nouveaux risques » sont jugés intolérables?* (Dupuy, 2002, p. 41, accent ajouté)

Autrement dit : ces processus renvoient sans cesse davantage à eux-mêmes, et donc à nous-mêmes et à nos « responsabilités », alors même que les phénomènes hybrides qui leur sont attachés échappent de plus en plus à notre emprise.

5.4 L'essor de la carte « participative », ou le retournement de l'urbanisation en occasion

Au cours de la dernière décennie, la ville est devenue l'objet d'une attention montante et particulière (Barnett et Parnell, 2016). À cet égard, l'établissement en 2015 du tout premier objectif de développement durable (ODD) urbain est emblématique, tout autant que sa consécration, l'année suivante (lors de la Conférence Habitat III évoquée plus tôt), en tant que vecteur et finalité souhaitable d'« un changement de paradigme basé sur la science des villes » (Clos, 2017, p. *iv*). En préface du « nouvel agenda urbain » (ONU, 2017) adopté à l'issue du même événement, le Secrétaire général de la Conférence – le Dr. Joan Clos – résumait en ces termes l'importance

désormais cruciale de l'échelle urbaine dans la confrontation des grands enjeux du temps présent :

> In this unprecedented era of increasing urbanization, […] we have reached a critical point in understanding that cities can be the source of solutions to, rather than the cause of, the challenges that our world is facing today. If well-planned and well-managed, urbanization can be a powerful tool for sustainable development for both developing and developed countries. The New Urban Agenda presents a paradigm shift based on the science of cities; […]. It is a resource for every level of government, from national to local; for civil society organizations; the private sector; constituent groups; and for all who call the urban spaces of the world "home" to realize this vision. [...] There is no single prescription for improving urbanization and achieving sustainable urban development, but the New Urban Agenda provides the principles and tested practices to bring its vision to life, off of these pages and into reality. May it inspire and inform the decision-makers and urban inhabitants of the world to take ownership of our shared urban future: one policy, law, plan, design, or project at a time. At this critical juncture in human history, rethinking the way we plan, build, and manage our urban spaces is not an option but an imperative. Our work to realize this vision begins now. (Clos, 2017, p. iv-v)

Mais si, au lendemain d'Habitat III, ces derniers mots reflétaient effectivement le vaste consensus qui avait su rassembler une impressionnante quantité et variété de voix (Barnett et Parnell, 2016), la question se posait d'ores et déjà de savoir si l'harmonie susciter par le principe « pro-urbain » survivrait au nécessaire passage « des pages à la réalité ».

> Divergent views of the city and urban processes, suppressed within the Urban Goal, are […] likely to become more explicit as attention shifts to implementation. Acknowledging the different theoretical traditions used to legitimize the new urban agenda is an overdue task. As this agenda develops post-2015, the adequacy of these forms of urban theory will become more contested […]. (Barnett et Parnell, 2016, p. 87)

Parmi les axes possibles d'une telle contestation, Caprotti et al. (2017, p. 368) en évoquent deux qui se lient spécifiquement à notre propos : soit 1) celui « des implications politiques, idéologiques et développementales d'une ville qui se conçoit comme une entité 'mesurable', réductible à des flux de données et contrôlable par le biais d'un éventail de nouvelles technologies »; et 2) celui « des aspects de la vie urbaine qui sont potentiellement laissés de côté [ou maintenus dans l' invisible] par le Nouvel agenda urbain », à savoir, cette part grandissante de la réalité urbaine qui existe et gagne en stabilité au-delà du connu (visible, visibilisé) et du formel (officiel, officialisé), autant sur le plan social qu'environnemental. Tel que Caprotti et al., (2017) l'explicitent, chacun de ces axes présente des enjeux propres et s'avère en ce sens théoriquement indépendant. Mais en pratique, et très notamment à l'aune des formes de la carte *participative* qui prolifèrent dans la ville numérique (Picon, 2015), ils prennent vie et deviennent indissociables. C'est en ce sens, donc, que les contradictions situées par Antoine Picon à la racine du double idéal – *néo-cybernétique* et *spontanéiste* – de la ville numérique « s'adoucissent sous l'effet d'une dynamique de développement qui les déclare comme ayant *déjà* été dépassées » (Picon, 2015, p. 30, accent ajouté) : cette dynamique est celle que nous avons évoquée plus tôt, soit celle de la « forme-problème » qui s'effectue en tant que pure potentialité « selon le processus [réputé] traditionnel de l'adaptation de la ville à la société qui l'habite » (Choay, 1980, p. 11).

Dans ce qui suit, nous mettons donc l'accent sur la ville numérique qui – selon toute apparence – constitue aujourd'hui ce dernier processus collectif d'adaptation, et donc sur la « forme-problème » qui relie par en dessous les deux axes évoqués. En gros, les critiques d'une ville conçue et effectuée en tant qu'« entité mesurable » – suivant le premier axe, c'est-à-dire par le biais de techniques de géolocalisation et de

visualisation (souvent cartographique) qui exigent la *participation* des « citoyens » à la masse de base des données urbaines, en échange de services rendus (cartographiques, eux aussi) –, ces critiques-là s'effectuent elles-mêmes de plus en plus en mobilisant les ressorts du numérique par le biais de cartes dites *participatives* auxquelles contribuent diversement celles et ceux qui (suivant le second axe) vivent dans l'informel et l'invisible de la même ville (Picon, 2015; Guldi, 2016). Le mot « participatif » est donc ici conçu dans un sens large – et trop large par rapport à la promesse qu'il incarne spontanément d'un meilleur équilibre entre les rapports de pouvoir (Guldi, 2016) –, mais il s'en trouve par-là même à marquer la tension entre les usages légitimes et les autres (abusifs) dont il est l'objet, un peu à la manière de la classique « échelle de participation citoyenne » d'Arstein (1969). Ainsi, c'est sous le signe de la participation, et à travers la prolifération des cartes de ville qui en sont devenues le symbole, que triomphe la « forme-problème » dans la ville et que l'urbanisation-fléau se retourne en occasion. Car c'est notoirement par la multiplication et la superposition de ces cartes numériques que se construisent, se marient et se mélangent « une ville réglée et gérée depuis le haut », d'inspiration néo-cybernétique, et une ville spontanée et collaborative, ou *crowdsourced*, « qui se coordonne à la manière d'un wiki ou mashup géant » (Picon, 2015, p. 90) :

> At the consummation of this marriage, the fabric of the city – its flesh, if you will – is not only reinterpreted, but also in some sense transfigured. […] Mapping in its broadest sense constitutes both one of the favoured procedures for this transfiguration and the analyzer that allows its essential issues to be understood. The importance of mapping can be summarized by saying that, to date, it is not so much the form of the city that has changed, but more its map, or rather maps, given the extent to which the advent of digital technology has coincided with a proliferation of mapped representations of the urban phenomenon. It is through this proliferation that the city appears intelligent. (Picon, 2015, p. 114)

L'intelligence de la ville numérique étant donc fondamentalement « spatialisée », c'est « à travers les individus et les capteurs connectés [...] [que cette intelligence deviendrait partout] comme une sorte de fluide qui ferait accéder les structures urbaines [et les « communautés participatives » qui les animent] à un plan supérieur d'existence » (Picon, 2015, p. 113); la carte numérique « racont[ant] la ville à ceux qui la font » en temps réel, et « contribuant [ainsi] centralement à l'émergence d'un urbanisme cyborg [...] qui voit non seulement les individus, mais aussi les villes à l'ère du numérique se disperser, puis se rassembler, avant de se disperser à nouveau » (Picon, 2015, p. 136).

D'une certaine façon, donc, la prolifération des cartes – ou, plus largement, des rendus de type cartographique – « aide [effectivement] à donner une dimension autoréflexive » à la ville qui lui permet d'acquérir « une sorte de conscience d'elle-même, à travers tous ceux et celles qui contribuent [ouvertement ou clandestinement; sciemment ou non] à son développement » (Picon, 2015, p. 136). En ce sens, Joan Clos et la vaste communauté « pro-urbaine » ne peuvent donc qu'avoir eu raison de percevoir dans l'urbanisation le potentiel nouveau de son propre remède, pour ainsi concevoir le Nouvel agenda urbain comme « un changement de paradigme basé sur la science des villes » : avec la prolifération des cartes qu'une telle « science » rend possible et effectue déjà, rien n'empêche plus que le mot « urbanisation » n'acquière une tout autre résonance que celle qui fut la sienne – soit celle d'une nouvelle « force positive qui sous-tend une profonde transformation sociale, politique et économique » (ONU-Habitat, 2016, p. iv) –, pour ainsi devenir le vecteur symbolique d'un nouveau modèle de développement, plutôt que son raté.

Sur le fond, cependant, rien ne se « résout » pour autant. Car à travers la prolifération des cartes « participatives » dans la ville numérique, c'est le paradoxe au fondement et à la limite de la « forme-problème » qui entre à nouveau en latence et redevient en puissance; la nouveauté étant ici qu'à peine enfoui, le paradoxe ressurgit déjà à travers la « subpolitique » (Beck, 2008) de la ville numérique.

5.4.1 Subpolitique de la ville numérique

« Les cartes participent de la construction de ce qui est rendu visible à tous », mais « tous n'ont pas le droit de tout voir » (Picon, 2015, p. 137) : cela est bien connu, et depuis longtemps déjà. C'est dans le temps long que s'inscrit l'histoire de planificateurs urbains en quête de justice distributive et de populations locales en quête de reconnaissance, qui ensemble (ou indépendamment) se saisissent de cartes « participatives » pour atteindre leurs buts (Guldi, 2016). Mais tel que l'illustre Picon (2015), la ville numérique manifeste désormais le phénomène avec une intensité sans précédent :

> [Mapping] reflects the tension between control and cooperation. While it draws heavily on the resources offered by geolocation and augmented reality, the map constitutes one of the best ways to make information accessible, especially in the case of big data which is more and more often involved today. […] Founded on a dual process of the revelation, often through maps, and distribution of data that are too technical or sensitive to be shown to all and sundry, such as those involving pollution or crime, today's urban transformations give rise to numerous questions situated at the crossroads of aesthetics – in Rancière's sense as the active ingredient in 'the distribution of the sensible' – and politics. (Picon, 2015, p. 18-19)

Ainsi, à l'un et l'autre des pôles antagonistes du double idéal qu'incarne la ville numérique et partout entre les deux – soit dans la zone grise qui à la fois sépare et

unie la ville néo-cybernétique et la ville spontanéiste –, « certains individus sont investis du pouvoir [formel ou informel, licite ou illicite, en support au statu quo ou contre lui, etc.] de décider quelles données seront sélectionnées, ainsi que de la manière dont elles seront agrégées pour pouvoir être révélées aux autres » (Picon, 2015, p. 137). Ces individus ne s'associent pas nécessairement au discours (de type onusien) qui renvoie à la nouvelle « science des villes » – bien au contraire –, puisque ce sont typiquement les modalités du pouvoir officiellement en place qui s'y incarnent (Caprotti et al., 2017); c'est-à-dire ceux-là mêmes qu'il s'agit pour les « participatory activists » de redistribuer vers les citoyens (Kitchin, 2013; 2014; Guldi, 2018). Sur le plan purement technique, cependant, le pouvoir dont le « participatory activist » se voit aujourd'hui investi dans la ville numérique est le même que celui du « data scientist » (au sens de van der Aalst, 2014) à l'emploi d'une instance formelle.

En schématisant, l'on pourrait donc dire que ce pouvoir de représentation numérique de la ville s'associe à une nouvelle figure de l'ingénieur dont l'identité est certes plurielle et diffuse, mais dont le rapport avec les figures et professions d'ingénieur institutionnalisées est ténu, ambigu, et même antagoniste (voir par ex. : Williams, 2002; Ensmenger, 2003; Söderberg, 2014; 2019). Suivant Rosalind Williams (2002), cette nouvelle figure peut être conçue comme celle d'une ingénierie *du virtuel* qui entre de plus en plus diversement en tension avec l'ingénierie *du matériel*. Elle écrit :

> In the form of a common digital language, technology dissolves the familiar boundaries of engineering. It also lifts engineering, once the most down-to-earth of professions, from its familiar ground of materiality, endowing it with a new and ghostly lightness of being. Fewer and fewer faculty members in engineering actually make things or build things. More and more work with symbols and models. In a sense they are still

> working with machines, of course, but the meanings of both engineering and machinery are redefined when the machines process information rather than matter. (Williams, 2002, emp. 514-517)

Ainsi, bien qu'une telle figure puisse s'incarner à même les institutions de l'ingénierie tout en brouillant leurs catégories, avec Johan Söderberg (2013; 2014), par exemple, cette figure de l'ingénieur *du virtuel* cristallise en dehors et en opposition avec elles, à travers la posture et les dilemmes propres au « hobby-engineer » dont le travail de conception se situe à la racine de la communauté de l'impression 3D.

Mais ce qu'il importe surtout de noter ici, c'est que le nouveau pouvoir incarné par cette nouvelle figure de l'ingénieur dans la ville numérique est « sub-politique » : c'est-à-dire que, même lorsque celui-ci relève officiellement des institutions politiques d'une ville-centre qui l'emploie, il évolue et se mesure en brouillant les frontières institutionnalisées qui séparent à ce jour le *politique* – soit le système politico-administratif d'une démocratie urbaine représentative – du *non-politique* (technico-économique) pour devenir « une tierce instance [...] hybride » (Beck, 2008, p. 405) qui met en branle des transformations sociales dont « l'ampleur [...] croit de façon inversement proportionnelle à la légitimation » (Beck, 2008, p. 405). Cette dernière légitimation (politico-parlementaire) n'étant pas assimilable à la « participation » génératrice des données massives – même lorsqu'elles sont volontairement contribuées –, le pouvoir de la carte numérique « participative » se déploie au mieux *en même temps* que se légitiment les transformations sociales qu'il effectue. En ce sens – et en traduisant l'actualité du concept de Beck à l'aune des réalités de la ville numérique –, Picon écrit qu'une « illusion principale » rassemble les stratégies par ailleurs très diversifiées des élus municipaux qui tentent de faire

face à l'enjeu politique nouveau de la ville numérique : soit celui « la construction du sens et d'expériences du collectif dans des sociétés qui accordent tant et tellement d'importance aux individus qui sont rivés à leurs écrans d'ordinateurs et de téléphones intelligents » (Picon, 2015, p. 140, notre traduction) :

> They all have one thing in common, which could well appear with hindsight to be the main illusion of the beginnings of the digital era: that of a city whose workings would be not fundamentally changed, but simply improved by a massive injection of digital technology. It is an illusion, because to imagine that conditions of public life and mechanisms of political representation and decision-making could essentially remain preserved in the configuration they had before the rise of information and communications technology is more a matter of wishful thinking than it is a realistic scenario. […] Winning large-scale online debates often comes down to ramping up the pressure under terms that are more reminiscent of viral propagation than of seeking majority approval within clearly defined boundaries. Of course, these sorts of distortions already existed in traditional democratic processes, but they are magnified by the partial autonomy of electronic avatars in comparison with flesh-and-blood human beings. (Picon, 2015, p. 140-141)

Ainsi, nonobstant la rhétorique néo-cybernétique et ses critiques spontanéistes qui, ensemble, affirment la possibilité du contraire, toute protestation contre le pouvoir de la carte numérique « participative » ne serait « jamais que dépassée » (Beck, 2008, p. 435) – à moins que ce pouvoir puisse un jour être distribué et contrôlé par celles et ceux qu'il est sensé aider (Guldi, 2016). Mais pour ce faire, s'agirait-il de favoriser et de promouvoir la convivialité d'usage (*user-friendliness*) ou la vocation pédagogique (*technological literacy*) de l'outil cartographique (Newberry, 2009; Söderberg, 2013)? La diffusion large de ses potentialités, ou la maîtrise de ses modalités techniques – laquelle passe a priori par une interaction avec le code-source?

D'une certaine façon, le compromis forcé entre ces derniers critères de conception est constitutif de ladite ingénierie « du virtuel », mais nonobstant les apparences et la tentation de concevoir ainsi la situation, il ne s'agit pas ici de la construction d'un compromis. Dans la ville numérique, la tension entre *user-friendliness* et *technological literacy* prend elle aussi un tour paradoxal, au sens où les effets de la décision qui tranche entre les deux se mesureront à l'aune des enjeux de l'urbanisation évoqués plus tôt : ainsi, l'inclusion dans la ville numérique passera-t-elle davantage par le biais du premier critère, ou du second? La réponse étant que l'un et l'autre travail *pour-et-contre* elle en même temps. « En fait – écrivait Beck en 1986 à l'égard de telles questions –, il n'y a pas même eu de décision » (Beck, 2008, p. 435), puisque le choix n'est qu'apparent face au paradoxe que recèle la question. « Bien sûr on [pourra aussi] dire non au progrès – écrivait-il encore –, mais *cela ne change[rait] rien à sa réalisation*. » (Beck, 2008, p. 435) En ce sens, les cartes qui prolifèrent aujourd'hui dans la ville numérique – qu'elles soient à vocation militante ou commerciale, de conception ascendante (« bottom-up ») ou descendante (« top-down »), etc. – contribuent ensemble à renforcer ce que l'on pourrait métaphoriquement concevoir comme une « déconnexion du diagnostic et de la thérapie » (Beck, 2008, p. 436) : c'est-à-dire une surcapacité net du premier par rapport à la compétence (actuelle ou envisageable) de la seconde. Beck (2008) tenait un tel phénomène pour fondamentalement caractéristique des processus de modernisation réflexive les plus accomplis, en illustrant son propos à partir du « cas limite » de la profession médicale, et des mécanismes propres de sa « subpolitique » (pp. 435-451) :

> À son stade le plus avancé, la médecine produit des situations de maladie qu'elle définit elle-même comme incurable (temporairement ou définitivement), qui représentent des situations de menace et d'existence

> entièrement nouvelles, et qui *transcendent les frontières* du système d'inégalités sociales en vigueur jusqu'alors. (Beck, 2008, p. 437)

Or de nos jours, dans la ville numérique, n'est-ce pas *en soi* la prolifération des cartes qui enferme la ville au Nord comme au Sud dans une « épidémiologie de l'urbain » (Cappriotti et al., 2017, p. 372), peu importe l'esprit de la démarche qui sous-tend leur conception? Nonobstant le caractère libre et ouvert du langage qu'il constitue, ou même son potentiel profondément subversif (Isin et Ruppert, 2015), le « code » dont l'exécution permet à la carte numérique d'exister traduit avant toute chose un algorithme, lequel – nous l'avons vu – prétend par définition et par construction à résoudre *tous* les cas-problèmes propres au champ qui lui donné : autrement dit, le « code » est sans doute aujourd'hui ce qui canalise le plus totalement la puissance symbolique de la « forme-problème » dans l'axe de la *pure potentialité*, qu'elle arbore par ailleurs déjà; mais il est aussi sans doute et en même temps ce qui incarne le plus intensément la part de *fatalité* (ou de déterminisme) que recèlent de nos jours les technologies (Williams, 2002; Ceruzzi, 2005). Ainsi, dans la mesure où : « what differentiates hackers from programmers is that in or by saying something through code, hackers challenge, if not subvert, conventions in which they find themselves » (Isin et Ruppert, 2015, p. 144), n'en demeure pas moins que les *programmeurs* tout autant que les *hackers* de la ville numérique ne perçoivent pas en quoi leurs rôles – certes contradictoires sur le plan idéologique – incarnent indistinctement une même convention, laquelle sous-tend fondamentalement l'époque en permettant à travers eux la relance et le retournement de l'urbanisation en occasion. C'est en ce sens, donc, que la ville numérique constitue aujourd'hui l'un des processus collectifs d'adaptation parmi les plus accomplis, qui crée de nouveaux problèmes à mesure et à partir de ceux-là mêmes qu'il résout; mais surtout – et c'est là l'élément de nouveauté

–, elle crée et rend visibles ces problèmes *en temps réel*, *avant même* que les processus de résolution à leurs origines ne soient eux-mêmes achevés.

Ce que nous tentons donc ici d'exprimer en tant que limite paradoxale de la « forme-problème » dans la ville numérique s'inscrit en continuité avec le propos de Jean-Pierre Dupuy dans : *Pour un catastrophisme éclairé : quand l'impossible devient certain*. En s'inspirant de Pascal, l'auteur renvoie brièvement à une typologie de la fatalité qu'il additionne d'une configuration inédite, dite : « interprétation fataliste des maux qui nous assaillent » (Dupuy, 2002, p. 41), laquelle configuration vise explicitement à résoudre le *problème* des catastrophes collectives quasi-certaines (« inéluctables », écrit-il) qui caractérisent le temps présent, mais auxquelles personne ne parvient à croire vraiment. De ce fait – avance Dupuy –, ces catastrophes acquièrent sans cesse davantage le caractère de la pure fatalité, au sens où c'est notre rapport (aveugle) à elles qui rend leur éventualité de plus en plus certaine. Si un « problème » est donc effectivement posé par l'auteur comme étant « à résoudre » – du fait de la terminologie qu'il utilise et de la possibilité qu'il affirme encore existante (aussi faible soit-elle) d'éviter la catastrophe –, ce « problème » ne relève pas de l'oscillation binaire entre ordre et désordre dont il a été ici question. On pourrait même dire que le « problème » du « temps des catastrophes » qu'il pose et tente de résoudre n'en est pas vraiment un, car un tour nouveau est donné à la fatalité par le biais du « catastrophisme éclairé » : celui-ci opère en exposant tout d'abord le paradoxe fondamental des modernes depuis une perspective métaphysique et même méta-critique – paradoxe que nous avons ici conçu comme le paradoxe de la « forme-problème », mais que d'autres (Jacques Ellul, Yves Barel, Ulrich Beck, Bruno Latour, etc.) ont conçu autrement –, pour ensuite le réduire en dilemme collectif. Le « problème » se mute ainsi en une injonction non plus paradoxale, mais dilemmatique,

ce qui ne revient pas au même : la nouvelle injonction consiste à choisir entre deux possibilités mutuellement exclusives et contradictoires, et pourtant tout aussi essentielles l'une que l'autre, en étouffant donc nécessairement le sentiment d'emprise sur le monde que procure typiquement le fait de problématiser (suivant la « forme-problème »). Elle se distingue de l'injonction paradoxale et en atténue la violence, dans la mesure où la contrainte n'est plus celle d'être enfermé dans un cercle vicieux qui condamne à récolter sans cesse des résultats opposés à ceux pour lesquels on travail : c'est-à-dire qui condamne à rendre certaine la catastrophe (sciemment ou non) alors même qu'on s'évertue à l'éviter. Le dilemme collectif devient donc le suivant :

> Il faut que la modernité choisisse ce qui lui est le plus essentiel : son exigence éthique d'égalité, qui débouche sur des principes d'universalisation, ou bien le mode de développement qu'elle s'est donné. On ne peut pas à la fois conserver son morceau de gâteau et le manger. (Dupuy, 2002, p. 23)

Celui-ci nous sort du paradoxe, disions-nous donc, tout en abaissant d'un cran la violence symbolique. Mais il n'en conserve pas moins lucidement la substance insoluble : le caractère violent est réduit, mais il demeure très élevé, de sorte que le dilemme est également très difficile à assumer; et une fois qu'il est tranché, il peut ressurgir à tout moment. Afin d'opérer ce choix, reste donc ce qu'il appelle – pour n'en nommer que quelques-unes des expressions – « la mémoire de l'avenir » (Dupuy, 2002, pp. 118-126), « le temps du projet » ou « bergsonien) (Dupuy, 2002, pp. 139-156; 2008, p. 275; 2012), la « métaphysique [...] du récit sacré » ou « du prophète de malheur » (Dupuy, 2008, p. 267) – comme celle de Noé, dont nous citons plus loin la parabole selon Günther Anders, que reprend Jean-Pierre Dupuy dans La marque du sacré. Les expressions se sont donc en effet multipliées au fil des publications, sans

doute suivant l'espoir du pédagogue qui tente de tirer le meilleur parti de son travail (tout en y trouvant un sens) en multipliant les modalités possibles de l'apprentissage. Un certain espoir est permis – nous dit-il donc, en gros –, très humble et fragile, qui passe nécessairement par l'ouverture du collectif moderne à un désespoir serein et empathique qui l'amènerait à consentir la perte du « mode de développement qu'[il] s'est donné » (avec tout ce que cela implique) – c'est-à-dire sans sombrer dans la panique –, pour plutôt choisir de canaliser ses énergies vers l'« exigence éthique d'égalité » qui le caractérise aussi. C'est en ce sens qu'il faudrait métaphoriquement prophétiser comme Noé, pour « rendre crédible la perspective de la catastrophe » (Dupuy, 2008, p. 265) : « Dans la soirée, un charpentier frappa à sa porte et lui dit : 'Laisse-moi t'aider à construire l'arche, pour que cela devienne faux.' Plus tard, un couvreur se joignit aux deux en disant : 'Il pleut par-dessus les montagnes, laissez-moi vous aider, pour que cela devienne faux' » (Simonelli, 2004, p. 85, cité dans : Dupuy, 2008, p. 265, accent ajouté par lui).

5.5 Conclusion : de l'urbanisation à l'Urbanisation en passant par la ville numérique

Tel que nous l'avons avancé, c'est en quelque sorte par le maintien d'un flux tendu entre *problème* et *paradoxe* que le sens se met à circuler autour de la question de l'urbanisation, et qu'il devient alors possible de penser la ville comme un processus collectif d'adaptation sans pour autant l'enfermer dans le modèle binaire d'une oscillation entre ordre et désordre – lequel modèle fait perdre au désordre toute résonance symbolique autre que celle de l'ordre collectif qu'il incarne et potentialise en tant que solution anticipée, quel que soit cet ordre, donc, pourvu qu'il permette d'éviter la *panique sociale* – à savoir, cette discorde qui relèvent du *fait*

collectivement ressenti d'une fatalité catastrophique. La posture que Catherine Larrère avançait en 2003 paraît à cet égard emblématique : d'une part – avance-t-elle –, il faut admettre qu'« on ne délibère pas sous la menace : la peur et la démocratie ne font pas bon ménage » (Larrère, 2003, p. 15); et d'autre part, que « la solution aux problèmes environnementaux [ou urbains, plus largement] ne peut se faire qu'en associant à la décision tous ceux qui sont concernés par elle, que les solutions environnementales [ou urbaines, plus largement] et la démocratie vont de pair » (Larrère, 2003, p. 24). Depuis une telle perspective – en soi tout à fait cruciale –, il s'agit donc en priorité de maintenir le futur ouvert par-delà les discours de révolution technologique : c'est-à-dire de rouvrir les possibles qui continuent d'être écartés et occultés par les discours d'experts et leurs « solutions 'top down' », en découvrant démocratiquement les solutions « 'bottom-up' (appuyées par les initiatives locales) qui peuvent vraiment l'emporter » (Larrère, 2003, p. 24).

En revanche, s'il est vrai « que la perspective de la catastrophe ne nous émeut pas » et même qu'« elle nous laisse parfaitement indifférents » (Dupuy, 2002 : 74), suivant notre rapport (moderne) dominant au temps et à l'histoire, n'importe-t-il pas aussi d'admettre le caractère rédhibitoire d'une perspective de l'avenir exclusivement fondée dans la résolution de problèmes, toutes perspectives confondues : physico-technique, politique, sociotechnique, ou même métaphysique? Autrement dit, ne conviendrait-il pas aussi, pour protéger l'entité collective du *fait* ressenti de la fatalité et de la panique qui l'accompagne, d'explorer d'autres avenues que celles qui découlent de l'oscillation binaire entre un désordre conçu comme potentialité pure, et un ordre potentiel tout à la fois à découvrir (scientifiquement) et à choisir (collectivement, démocratiquement)?

Si tel était le cas, alors il faudrait sans doute que le *fait* de la fatalité collective puisse être conçu comme autre chose que son *tout* : c'est-à-dire qu'il faudrait qu'il y ait autre chose dans la fatalité collective que le dilemme ontologique qui oppose au refus combatif de son existence (typiquement moderne) le fait traditionnel absolu, unique et inéluctable de son extériorité. C'est à l'exploration d'une telle avenue que nous tentons donc de contribuer en proposant de maintenir la tension constante entre *problème* et *paradoxe*. Et cette tension, c'est le paradoxe de la « forme-problème » qui permet de la maintenir, dont l'historienne Hélène Vérin nous fournit le concept et ses racines. Suivant une telle proposition, il ne faudrait pas chercher de réponse ni de solution en tant que telle face au paradoxe de l'urbanisation, car cela reviendrait à nier le paradoxe en le réduisant automatiquement à l'état de problème : en l'occurrence, à celui de savoir « comment les choses pourraient être autrement » (Alder, 1997, p. xiv). Or cette éternelle question ne nous met pas *fondamentalement* devant un problème, et ce qu'il faut tout d'abord chercher – et que la « forme-problème » recouvre d'un voile d'invisibilité –, c'est ce face à quoi on se trouve; ou plutôt, ce sur quoi on se tient : à savoir, la « forme-problème » en tant que tradition fondatrice des modernités, et donc fondatrice également des villes modernes (aujourd'hui numériques) qui en incarnent à la fois les ruptures internes et la continuité par rapport à l'univers traditionnel qu'elles prétendent toutes, encore à ce jour, avoir quitté.

CONCLUSION

En ouverture de la présente thèse, nous cherchions à comprendre l'*invisible centralité* du personnage de l'ingénieur : comment comprendre, en somme, l'*invisible* de ce personnage et les discours institutionnels confus qui en constituent la trace visible, alors même que tout de nos jours semble construire sa *centralité* : à savoir, celle de son rôle social, de ses domaines (technologiques) de compétences, et des institutions qui l'incarnent? Tel que nous l'avons vu au chapitre 1, un phénomène discursif a effectivement cours à l'échelle transnationale, suivant lequel une tension paradoxale émerge au confluent des discours d'institutions de l'ingénierie de toute sorte – tant celles qui sont historiquement emblématiques et globalement reconnues (comme le MIT), que celles dont le nom et la mission renvoient assez strictement à des enjeux locaux et nationaux (comme l'OIQ). Suivant cette tension, des professions d'ingénieur de par le monde apparaissent et se représentent comme étant de plus en plus *naturellement centrales et légitimes* en tant que partie prenante de la confrontation des grands enjeux globaux du temps présent, et de la maîtrise du « changement technologique » qu'elle implique nécessairement (suivant les vocables très divers de : « quatrième révolution industrielle », « industrie 4.0 », « économie 4.0 », « transformation numérique », « économie collaborative », « transition énergétique », etc.), alors même que dans le même temps celles-ci se ressentent et se vivent comme de plus en plus *invisibles* et confrontées à un impératif radical de (re)légitimation qui culmine à l'échelle globale. Tout se passe en somme comme si, pour continuer d'exister en tant qu'entités sociales distinctives, les professions d'ingénieur se devaient désormais diversement d'opérer la dénationalisation de leur

idéal professionnel et des ontologies nationales qui le sous-tendent partout historiquement.

À la racine d'une telle intrigue – nous l'avons vu –, se trouve le paradoxe de l'« expansion désintégrative » de l'ingénierie, que l'historienne Rosalind Williams (2002) constate et met éloquemment en récit. Elle le fait par le biais d'un ouvrage – *Retooling : A Historian Confronts Technological Change* – qui se destine notamment à un lectorat de praticiens et de chercheurs dont le cœur d'activité se lie partout (bien qu'en particulier aux États-Unis) aux systèmes et parcours formels (institutionnalisés) de la formation en ingénierie. Cet ouvrage assume donc au fil de la thèse différentes fonctions. Tout d'abord, un premier éclairage en ressort qui permet d'ancrer davantage la question principale et d'en décliner les sous-dimensions : car si Williams (2002) cerne effectivement la dynamique fondamentalement paradoxale qui sous-tend les institutions contemporaines de l'ingénierie et le personnage de l'ingénieur qui s'incarne à travers elles, elle n'en fait pas moins elle-même l'impasse sur les termes du paradoxe en cause et en question. À l'issue du chapitre 1, c'est donc sur ce fond que la question principale a été relancée, suivant la proposition d'une clarification importante des termes qui à travers le paradoxe se trouvent mis en tension et en relation : si aujourd'hui, en somme, le processus d'invisibilisation de l'ingénierie passe *en soi* inaperçu, ce serait parce que c'est le même processus qui en est venu à sous-tendre l'ensemble et toutes les facettes de la vie que nous connaissons aujourd'hui, au sein des cultures occidentales. Ce processus, qui en est un de symbolisation, est celui que nous avons nommé : la « forme-problème ». Il est fondamentalement moderne en ce qu'il permet d'opérer l'innommable troncation, c'est-à-dire « l'importation à l'intérieur de la société du lieu-source de ses significations » (Dumouchel et Dupuy, 1983, p 21). Mais pour le percevoir en tant

que tel, il faillait distinguer et lier les catégories du *problème* et du *paradoxe* (suivant leur sens commun) en les intégrant en tant que termes fondamentaux du paradoxe de l'« expansion désintégrative », lequel ouvre sur le paradoxe de l'*invisible centralité*, qui ouvre lui-même finalement sur le paradoxe fondamental des modernes.

De manière très condensée, c'est donc là le cœur et l'apport propre de la thèse ici soutenue. La proposition se construit lentement sur le plan conceptuel au fil des chapitres 2 et 3, alors que les chapitres 4 et 5 servent davantage à l'illustrer. Mais le fil de la thèse est enchevêtré, de sorte que tous les chapitres contribuent en même temps de manière plus ou moins marquée à la conceptualisation et à l'illustration.

Au chapitre 2, c'est donc surtout l'histoire du rapport de l'ingénieur à l'entreprise qui sert à dégager le mouvement qui s'incarne et s'impose à l'avant-plan de la mise en « forme-problème », soit celui que nous avons appelé : de la (pure) potentialité. Son axe concentre la circulation du sens à l'échelle collective suivant les modalités familières de la résolution de problème. Ces modalités se sont sophistiquées sans cesse et elles continuent de le faire, de sorte qu'à leur fine pointe contemporaine elles incarnent notamment humanisme et démocratie. Mais elles n'en demeurent pas moins fondamentalement les mêmes sur le plan de l'invisibilisation de laquelle elles procèdent : peu importe leur niveau de sophistication, c'est le mode de la potentialité qui se présente spontanément, en nous apparaissant naturellement comme le seul possible, et comme allant de soi; symétriquement et inversement, le mode de la fatalité s'enfouit et n'opère que par en dessous, comme quelque chose qui, vaguement, rend l'histoire possible, ou comme *ce sans quoi* nous n'en serions pas là : la fatalité, ainsi conçue, c'est le *Verum Factum* de G. Vico avant son retournement; ou c'est l'entreprise selon Vauban. Mais la fatalité n'apparaît plus de nos jours sous cette

forme qu'en de très brefs instants, en régime transitoire – pourrait-on dire –, alors qu'elle prévaut largement sous le régime permanent de la pure potentialité. C'est donc la fonction-miroir du personnage de l'ingénieur qui se construit au fil du chapitre 2, puisqu'il y est conçu et en ressort comme le miroir de la potentialité.

Tel que le chapitre 3 a cependant permis de commencer à l'explorer, la circulation optimisée du sens à travers la « forme-problème », et donc surtout à travers la pure potentialité, comporte d'importants dangers. Pour une part, elle empêche que ne soit perçue, et encore moins assumée la part de fatalité qui constitue à sa racine la potentialité. De là – peut-on penser –, la nature de l'obstacle qui est aujourd'hui le nôtre devant la crise environnementale, notamment, mais qui dans le cadre de la thèse se pose en archétype de l'idée que « savoir n'est pas croire » (Dupuy, 2002, p. 103-116) : « ce n'est pas l'incertitude, scientifique ou non, qui est l'obstacle, c'est l'impossibilité de croire que le pire va arriver. » (Dupuy, 2002, p. 112) Notre croyance collective en est une qui procède de l'effacement apparent de la fatalité, lequel s'opère sans recours à quelconque appui externe – de là toute l'importance de la configuration paradoxale du modèle de la « forme-problème », mais aussi du programme informatique en tant que métaphore du blocage dans les flux du sens.

Aux chapitres 4 et 5, finalement, le modèle de la « forme-problème » est donc illustré par le biais de petites études de cas qui poussent le modèle à sa limite paradoxale. Cette dernière métaphore y prend alors tout son sens, puisqu'autant en matière d'ACV que d'urbanisation, c'est vraisemblablement d'un blocage du sens suivi de (ou amalgamé avec) sa réinitialisation – son *rebooting* – plus ou moins réussie dont il s'agit.

À l'issue de la thèse, la fonction-miroir de l'ingénieur paraît donc avoir été clairement établie : ce qui se passe de nos jours autour de l'ingénierie n'est pas *quelque chose qui arrive au* personnage de l'ingénieur en soi – c'est-à-dire aux professions institutionnalisées de l'ingénierie –, mais bien *quelque chose qui se passe à travers* lui, et dont il permet de mieux comprendre la « mécanique » : à savoir, celle des flux et des blocage du sens collectif au sein des sociétés dites (ou qui se conçoivent comme) modernes.

En ce sens, il importe de noter que l'ingénierie et (en continuité avec elle) le management concentrent le paradoxe de la *forme-problème*. Le cœur de la thèse a porté sur l'émergence moderne, la nature et les dynamiques de la saillance sociale d'un tel paradoxe à travers le temps – lequel paradoxe se manifeste aujourd'hui avec une intensité toute particulière (mais non seulement) par le biais de la « crise » des professions d'ingénieur. Sur ce fond, d'une part, l'ingénierie se conçoit comme l'émergence d'un espace de la technique pratiquement inédit jusqu'au XVIe siècle, et dont l'ouverture se poursuit jusqu'à sa pleine légitimation au courant du XVIIIe siècle; et d'autre part, le management formel (instrumental) se conçoit comme l'une des formes historiques de ce rapport paradoxal de l'ingénierie à la technologie (cf. chapitre II). Ainsi, bien que les théories de management et leur enseignement se soient diversement autonomisés de l'ingénierie à partir du tournant du XXe siècle, n'en demeure pas moins que l'actuel vertige ontologique de l'ingénierie contribue à en éclairer les perspectives dominantes et même celles de leurs critiques, jusqu'à leur fine pointe et jusque dans leurs propres fondements.

Dans la foulée de la thèse, trois trajectoires de contributions pourront donc être visées au sein de la discipline du management en soi.

1. L'histoire et les fondements. Sur la base de la thèse, une autre histoire pourrait être imaginée. L'ingénierie est au principe même de la pensée dominante et (par-là) des perspectives instrumentales en management (cf. chapitre II) : elle se trouve aux fondements du management dit « technique » avec F. W. Taylor et H. Fayol (Déry et al., 2015; Saives et al., 2017); elle se retrouve au point de jonction critique entre le management et la théorie des organisations (Shenhav, 2003, pp. 183-209); elle donne un nouveau souffle au management avec la contribution originale de H. Mintzberg (Déry et al. (2015).; Saives et al., 2017); elle participe au brassage en profondeur des pratiques avec la ré*ingénierie* des processus de M. Hammer et J. Champy (Jackson, 2001; Williams, 2002; Déry et al. 2015); et de nos jours, elle joue un rôle central dans certains des enjeux et questionnements qui se situent au cœur du management, comme le développement durable (cf. chapitre IV) et la transformation numérique (chapitre V). De ce fait, comprendre le management pour le rendre plus efficace, mais aussi pour le « réhumaniser » (Saives et al., 2017) semble devoir nécessairement impliquer une compréhension du savoir de l'ingénieur et même un positionnement (même critique) par rapport à lui. Mais l'histoire n'est pas si simple, car le champ de l'ingénierie est lui aussi en profonde mutation, laquelle se reflète – tel que je l'ai ici avancé – à travers un phénomène autrement plus large que lui. Compte tenu de ce rapport d'influence mutuelle entre l'ingénierie et la pensée dominante en management, il convient donc sans doute de lever le voile sur la nature des questionnements en ingénierie pour mieux appréhender ceux du management (au sens large). C'est là, notamment, ce qui fonde la pertinence de cette thèse au sein de la discipline du management, incluant ses perspectives critiques. En quoi un retour sur l'histoire du management sous l'angle de la *forme-problème* éclairerait-il les perspectives dominantes en management, ainsi que leurs critiques? La thèse permet d'amorcer une telle réflexion.

2. La perspective des paradoxes en management, aussi dite « paradox studies », « paradox lens » *et* « paradox theory ». Au cours des trente dernières années, les chercheurs en management et en théories des organisations ont été de plus en plus nombreux à s'intéresser aux phénomènes de tensions, et tout particulièrement de tensions paradoxales, qui émergent au sein des organisations (Schad et al., 2016); de sorte que ladite perspective des paradoxes s'avère aujourd'hui toute aussi florissante que plurielle. En surplombement d'un tel développement théorique, les efforts de consolidation et de mise en cohérence paraissent avoir été constants, bien que largement infructueux (Schad et al., 2016; Smith et al. 2017). Plus récemment, toutefois, les retours sur la trajectoire reflètent le fait d'une dérive qui rassemble : à savoir, celle d'une tendance généralisée des théorisations (tous horizons épistémologiques confondus) à sur-simplifier les phénomènes paradoxaux étudiés (Schad et al., 2016; Smith et al. 2017; Schad et al. 2019). Ladite dérive s'avère d'ailleurs d'autant plus inquiétante – constate-t-on, en évoquant le thème des « Grand Challenges » – que la complexité et le spectre des tensions au sein des organisations vont sans cesse croissants (Smith et al., 2017, p. 304). Afin de pallier ladite dérive sur-simplificatrice, l'importance d'assumer la complexité des paradoxes en recherche est réitérée – « the paradox lens also encourages scholars to approach organizational paradoxes paradoxically » (Schad et al., 2016, p. 46) –, mais la tension qui lie les catégories de problème et de paradoxe n'est nulle part évoquée, et encore moins confrontée. En somme, la notion de problème paraît partout être conçue comme allant de soi, de sorte qu'en prenant le contre-pied d'une telle conception naturalisante de la *forme-problème*, la thèse s'inscrit en réponse à cette leçon de vingt-cinq années qui ouvre sur un appel quelque peu confus à faire autrement. Autrement, certes, mais comment? La thèse s'inscrit dans un tel espace, encore largement vacant.

3. *Les « grand challenges » en management.* Suivant la tendance récente (et précédemment évoquée) de chercheurs en management et en théories des organisations à vouloir prendre acte de la complexité des enjeux du temps présent à travers leurs travaux, il semblerait qu'il soit désormais plus admis – et même dans une certaine mesure facilitant – d'adopter des approches dites « problem-based », « impact-focused » ou « policy-oriented » pour fonder la qualité en recherche (Colquitt & George, 2011; George et al., 2016; Hampel et al., 2017). D'où l'engouement montant en management et en théories des organisations pour le concept de « grand challenges » – concept que l'on tend par ailleurs largement à s'approprier comme s'il était en soi neutre et a-problématique. Autrement dit, une ouverture se crée au sein des champs de la recherche en management et en théories des organisations envers des approches dites partenariale, conjointe, participante, inter- et/ou trans- disciplinaire – qui n'ont en soi rien de neuf, mais qui contreviennent encore largement aux normes les plus communes de l'évaluation de la recherche (Arpin et Lefèvre, 2018). Ainsi, par opposition aux approches dominantes qui visent plutôt à « comprendre les grands enjeux sociaux » sans pour autant « les affecter », il s'agirait de plus en plus d'agir sur eux pour contribuer à « changer le monde » (Hampel et al., 2017, p. 581), tout en assumant individuellement et en tant que communauté de recherche les implications nouvelles – et considérables – d'une telle posture et d'un tel projet épistémologiques[54]. À tout point de vue, un tel désir

---

[54] Voir à cet égard le sous-thème 25 du programme d'EGOS 2019, qui ouvre un tel questionnement au bénéfice des théories institutionnelles, très directement concernées (peut-on penser) par les implications qu'amène pour le chercheur sa propre participation active et engagée à des changements institutionnels au sein même d'organisations qui constituent l'objet de ses travaux : *Institutional Theory and Problem-driven Research: The Challenge of Normativity*. En ligne : < https://www.egosnet.org/jart/prj3/egos/main.jart?rel=de&reserve-mode=active&content-id=1539047741567&subtheme_id=1511424500060 >

d'engagement paraît donc souhaitable, mais un angle mort se crée et s'élargit sans cesse – tel que je l'avance dans la thèse – dès lors qu'une approche de problématisation se voit sans fin substituée par une autre, sans pour autant que ne soit pris en compte la dimension proprement paradoxale des enjeux globaux en présence. C'est donc là, également, une trajectoire de publication que je m'affairerai à exploiter suivant la thèse.

L'ouverture au « second degré »

Entre l'incertitude (négativement connotée) et l'ouverture du portrait qui a ici été visée, et qui a comporté une part d'autoportrait, se devait d'exister un certain potentiel d'exploitation symbolique qui me dépasse, mais que j'ai contraint néanmoins, suivant l'idée « de conserver [au] système [que j'ai construit] sa condition d'ensemble structuré » plutôt que de « le conserver immuable » (Eco, 1965, p. 104). Car concevoir ainsi le système en tant qu'absolument immuable – tel qu'on a pu le faire en art et qu'on le fait encore largement en science via, notamment, une certaine optique « assurantielle » de la méthodologie – ne revient-il pas à négliger que la *plasticité* de la connaissance (plutôt que celle de l'histoire) est aussi ce qui la protège de *l'absence de pensée* (au sens d'Arendt) en la rendant ce faisant « apt[e] à répondre au défi des circonstances en élaborant de nouveaux modèles, de nouvelles explications » (Eco, 1965, p. 104)? Ainsi, dans la mesure où – tel que les propos d'Umberto Eco (1965) ou de Théodore Adorno (1997) en suggèrent la possibilité – le concept d'« œuvre » peut être élargi à ceux de « forme » et de « mise en forme » pour ne plus strictement relever de l'art, ce qui devait *aussi* être recherché en tant que fondement pour la rigueur est une « ouverture au second degré », qui n'est pas l'ouverture totale, mais bien « le choix de l'ambiguïté et de l'information comme

valeurs essentielles de l'œuvre », en ce qu'elles « représentent un refus de l'inertie psychologique qui [à l'intérieur d'une « tradition », incluant celles de la modernité] se cach[e] derrière la contemplation d'un ordre retrouvé. » (Eco, 1965, p. 105)

> Aujourd'hui, l'accent est mis sur le processus, sur la possibilité de saisir plusieurs ordres. Dans la perception d'un message [qui est ici un modèle de connaissance et de symbolisation du monde] structuré de façon ouverte, l'attente implique moins une prévision de l'attendu qu'une attente de l'imprévu. La valeur d'une expérience esthétique [ou, plus largement, du symbolique] nous apparaît alors non quand une crise, après s'être ouverte, se referme conformément des habitudes stylistiques [ou méthodologiques] acquises, mais quand – après nous être plongés dans une série de crises continues, dans un processus dont l'improbabilité est la dominante – nous exerçons un libre choix [ou, à tout le moins, nous exerçons notre jugement]. […] La poétique [ou l'épistémologie] de l'œuvre ouverte met précisément sous nos yeux une de ces mutations historiques : voici une culture qui admet [ou qui se trouve en quelque sorte forcée d'admettre], devant l'univers des formes perçues et les opérations d'interprétation, le jeu complémentaire de recherches et de solutions différentes, voici que la discontinuité de l'expérience se substitue comme valeur à une continuité devenue conventionnelle; voici que diverses méthodes de recherche reçoivent une unité organique non d'une loi qui leur assignerait une issue identique, mais de ce que l'on considère comme valable précisément dans la mesure où elles se contredisent et se complètent, entre en opposition dialectique, engendrant ainsi de nouvelles perspectives et de plus larges informations. (Eco, 1965, pp. 106-107)

Sans prétendre (bien entendu) à l'atteinte d'un tel idéal dans le cadre de la thèse, ni d'ailleurs à sa supériorité par rapport à celui des approches plus usuelles du « comment » de la recherche (qui ont fait leurs preuves), j'ai néanmoins travaillé l'ensemble de la thèse en ce sens, dans l'espoir que le modèle qu'elle en est venue à constituer soit riche d'une *ouverture* – c'est-à-dire d'une incertitude – qui ajoute (plutôt qu'elle n'enlève) à l'information qui pourra ensuite en être dégagée par d'autres (Eco, 1965). Le rapport et la distance à la norme méthodologique ont donc

dû constamment être évalués et réévalués (notamment lors de la construction de l'article 3, au chapitre IV), puisqu'une trop grande déconnexion vis-à-vis d'elle aurait miné à sa racine le projet d'ouverture envisagé, dont le « succès » épistémologique est tributaire de l'attraction d'autres regards qu'il saura susciter.

Dans le cadre de la présente thèse, c'est donc sur la base d'un tel critère d'ouverture que s'est construite une part essentielle de la rigueur : une ouverture qui s'est apparentée à celle que décrit U. Eco dans *L'œuvre ouverte* (1965); ceci a paru crucial, dans la mesure où le propos a visé à construire le paradoxe en tant que « jeu complémentaire » et consubtantiel à la « forme-problème ». Un tel critère de qualité étant à la fois très large et très exigeant, le pari a été fait qu'à partir du moment où celui-ci serait explicité, il pourrait contribuer à l'exercice du jugement (tant extérieur qu'intérieur) sur la valeur du modèle et sur les propositions qui en auraient été dégagées.

A. ANNEXE A

COLLAPSING PROCESS 1 (ARTICLE 2)

Table A.1 Collapsing process 1: Infusing engineering with meaning and self-knowledge, against “disintegration”

The reformers’ motion – Collapsing process 1				
		How is *Retooling*’s main thesis (MT) of engineering’s ‘expansive disintegration’ (ED) used and understood/treated by citing authors?		
Author(s), date	Level of analysis	Relative weight	Treatment of MT	Key elements of the collapsing process
Infusing engineering with meaning and self-knowledge, against ‘disintegration’				
Jesiek & Jamieson, 2017	Eng. discipline (U.S. lens)	Central ED is used as a conceptual framework	ED is seized/ reinterpreted as a dual reversible force	Historical forces of (dis)integration can be ‘counterbalanced’ by ‘**infusing the field [of electrical engineering] with a new spirit of connectedness, relevance and impact**’ (p. 4571). For that purpose, R. Williams' concept of ‘expansive disintegration’ provides a powerful framework: it helps to understand the identity problem at hand as well as to foresee resolution avenues, so long as ‘(dis)integration’ is not ‘understood as dissolution, but rather as a [reversible] process of subdivision, fragmentation, or pulling apart’ (p. 4561); that is, as a dual/divisible process comprised of both disintegrative and integrative forces that can each independently be slowed or accelerated. The problem, then, is that of avoiding disintegration through an integrative reform of electrical engineering education.
de Figueiredo, 2014	Eng. as a whole	Central ED is used as a main element of context and baseline for the argument	ED is reinterpreted as both a contemporary form of engineering’s historical struggle for existence and a declining trend to be reversed	**History offers a millennial heritage of engineering to found the 21st century engineer**'s ‘occupational identity’. From this history, a four-dimensional transdisciplinary concept of ‘the complete engineer’ is drawn and proposed as founding basis for instilling a new sense of identity to students. Underlying this concept is design for a complex world (as opposed to mere ‘problem-solving’). **‘The complete engineer’** is an inspirational and transformational figure standing as both an antithesis and a rebirth of R. Williams' ‘disintegrated engineer’ (p. 272). In other words, the complete engineer is a new ideal which could overcome engineering’s expansive disintegration.
Christensen & Ernø-Kjølhede, 2008	Institutional (Denmark lens)	Medium Quoted and referred to in the discussion, both as support to	*Retooling* is represented as both an opinion on Eng. educ. (i.e. as leading to a certain type of stakeholder	**Philosophy of technology/philosophy of science** has now become part of higher education curricula in Denmark, including those in engineering. Yet ‘implementing [...] has been slower and more complicated in engineering studies than in the business and language programmes [...].’ (p. 568) ‘In order to understand why […], we argue the case that engineering education at an overall structural level should be conceived of as an arena of conflicting contextual demands where strategic goals collide. […] This is [also] advocated by Williams: *‘What engineers are being asked to learn keeps expanding along*

The reformers' motion – Collapsing process 1				
		How is *Retooling*'s main thesis (MT) of engineering's 'expansive disintegration' (ED) used and understood/treated by citing authors?		
Author(s), date	Level of analysis	Relative weight	Treatment of MT	Key elements of the collapsing process
Infusing engineering with meaning and self-knowledge, against 'disintegration'				
		the main thesis and as a perspective on Eng. educ. among many	demands on Eng. Faculty) and an account of how Eng. has overall been disintegrating for lack of a meta-discourse – a disintegration which could theoretically be reversed or overcome through self-knowledge (i.e. construction of a meta-discourse)	*with the scope and complexity of the hybrid world. Engineering has evolved into an open-ended Profession of Everything in a world where technology shades into society, into science, into art, and into management, with no strong institutions to define an overarching mission. All the forces that are pulling engineering in different directions – toward science, toward the market, toward design, toward systems, toward socialization – add logs to the curricular jam'.*' (p. 568) Yet 'to navigate in this arena is difficult. Internal and external pressures on engineering education create frustration among faculty members who are working hard to design what they perceive to be a future-oriented curriculum,' (p. 568) while stakeholders of come up with all sorts of conflicting demands – including *Retooling*-type demands whereby 'a long-term convergence between technical and liberal education' is taken as the only possible future (p. 568). So **if, as has often been argued, 'engineers lack a meta-discourse allowing them to observe and reflect upon their own culture and education from meta-level perspectives, […] resulting in insufficient skills as to self-reflection, interdisciplinary cooperation and adjustment to changing conditions in general,' then 'the introduction of philosophy of science courses in engineering curricula [might precisely] compensate for [this lack].'** (p. 568) 'An increased and more coherent curricular focus is likely necessary to make space for studies of the broader social, human and ethical context of engineering. However, this is a discussion that tends to bite its own tail: to create acceptance of the need for increased curriculum focus requires discussions among faculty which are to all intents and purposes related to an understanding of philosophy of science; and to implement philosophy of science into curricula for students requires increased curriculum focus. Breaking this cycle has proven to be hard in our case study.' (p. 570)

The reformers' motion – Collapsing process 1				
		How is *Retooling*'s main thesis (MT) of engineering's 'expansive disintegration' (ED) used and understood/treated by citing authors?		
Author(s), date	Level of analysis	Relative weight	Treatment of MT	Key elements of the collapsing process
Infusing engineering with meaning and self-knowledge, against 'disintegration'				
O'Connell, 2006	Eng. as a whole (U.S. lens)	Medium Used in the intro. to exemplify and frame the problem	The concept of ED is dismissed as 'an impressive accolade' based on the fact that Eng. is not universally recognized as a profession, such that *Retooling*'s main thesis is misleadingly represented as building on such a premise and institutional obsolescence framed as a non-issue.	'The [professional] status of [engineers] is not universally recognized.' (p. 40) And yet,' prognostications about the future of the SSIT [the Society on Social Implications of Technology] intrinsically and necessarily relate to the state of engineering as a profession.' (p. 40-41) This is because a flawed understanding of engineering as a profession generally prevails: 'A hint of controversy may be found in Rosalind Williams' recent statement that 'Engineering has evolved into an open-ended Profession of Everything'. While this is certainly an impressive accolade, **Dr. Williams' (excellent) work fails to define what a profession, much less an engineering profession entails** [...].' (p. 40) **For engineers, professionalism can only be a journey, not a destination**: engineering may 'approach the paradigm professions' (p. 41), but it can never become one of them. So although significant challenges will always remain, many 'factors bode well for the advancement of engineering professionalism [contrary to Dr. Williams' claims].' (p. 42) 'It is not the mere comprehension or the tacit acknowledgment of social concern that creates true professionals. Rather, it is the demonstrated ability to act in accordance with the dialogue that defines the status [the dynamics of which (as described by Pellegrino and his colleagues) have been surprisingly close to SSIT's operational characteristics]. **The movement [of engineers] toward these goals can be seen within and without the Institute [i.e. IEEE]', such that 'our successes and failures [as the SSIT] will remain a significant indicator of engineering's progress toward profession.**' (p. 42)
Downey, 2005	Eng. as a whole (U.S. lens)	Central Used as a main element of the conceptual framework	ED is centrally conveyed as a paradoxical process, while at the same time being framed as 'a	Might engineers be losing control of 'technology'? 'Viewed in retrospect, fields of engineering have long enjoyed relative freedom from challenge to their claim to be creative sources of technological innovations and the collective home of people who develop technological solutions to societal problems. But it is just this freedom that should lead us to wonder what might happen if other professions and occupational groups began to claim jurisdiction over technological development. In an insightful and engaging account of recent institutional transformation at MIT, the historian of technology

The reformers' motion – Collapsing process 1				
		How is *Retooling*'s main thesis (MT) of engineering's 'expansive disintegration' (ED) used and understood/treated by citing authors?		
Author(s), date	Level of analysis	Relative weight	Treatment of MT	Key elements of the collapsing process
Infusing engineering with meaning and self-knowledge, against 'disintegration'				
			fundamental challenge to the jurisdiction of engineering work' – a challenge which may incidentally be overcome by integrating 'problem definition' into engineering's professional jurisdiction and education, alongside tech. problem-solving.	Rosalind Williams makes the case that engineering is now expanding in so many directions at once that it may, in fact, be disintegrating (Williams, 2002). **Her analysis of this 'expansive disintegration' maps changes from the inside of engineering outward, and all engineers today can likely see themselves in her account.'** (p. 586) 'The main task facing engineering education in the present [therefore] is to re-imagine and re-theorize its obligatory core and, hence, the essential heart of engineering identities. A key prerequisite to taking such a step is to move beyond a geometry of 'narrowness' and 'breadth'. [...] The main problem with the critique of narrowness is that it necessarily points toward breadth as its solution. [...] The broadly-trained engineer is indeed an attractive image. [...] However, the image of breadth is problematic because it tends to preserve a distinction between core and periphery, with technical problem solving at the core and everything else at the periphery.' (p. 588) '**Enacting a model of engineering as Problem Definition and Solution would shift the emphasis away from the person and onto the practice**, **i.e., away from what one has to learn to be an engineer and onto what one has to learn to do quality engineering.** […] Much research and experimentation would be required to sort out which configurations of knowledge best prepare students to work with people who define problems differently than they do. It is reasonable to expect [however] that, since the knowledge involved is about human beings, more than one type of knowledge and, hence, more than one type of professional identity, will be helpful.' (p. 593) Altogether then, 'strategies at any level to integrate problem definition into engineering education would count as formal moves to claim technical mediation as a part of the jurisdiction of engineering work, making visible and legitimizing the human dimensions of engineering work alongside technical problem solving. Such moves could not only help engineering as a profession respond to a threatened loss of control over technology, but also enable engineering education to better prepare students for what has always counted as quality work by the best engineers.' (p. 594)

The reformers' motion – Collapsing process 1				
		How is *Retooling*'s main thesis (MT) of engineering's 'expansive disintegration' (ED) used and understood/treated by citing authors?		
Author(s), date	Level of analysis	Relative weight	Treatment of MT	Key elements of the collapsing process
Infusing engineering with meaning and self-knowledge, against 'disintegration'				
Wallich, 2004	Eng. discipline (U.S. lens)	**Central** Ostensibly inspires the article's title and prompts interview questions.	ED is both seriously heeded and treated as a matter of opinion – i.e. as a perspective to be weighed against the views of 'those in the profession' –, such that the article closes on a dubious note by bringing forth perspectives which appear to be clashing with *Retooling*'s MT.	'As the purview of electrical engineering expands, does the entire discipline risk a kind of effacement by diffusion, like a photograph that has been enlarged so much that its subject is no longer recognizable?' (p. 68) Questioned on the future of electrical engineering and what may be conceived as its 'identity crisis' (Williams, 2002), 'those in the profession' foresee radically different scenarios, thereby illustrating the complexity of the issue at hand. Yet all seem to converge on one point: no matter how grim or glorious the profession's future appears, the view is shared that changes under way are radical and irreversible. Viewed in a positive light (overall dominating the article), this means that **to be an engineer is foremost a predisposition of the mind** which turns into a stance and a sentiment over the course of engineering education: i.e. what engineers have, whether as students or as professionals, is 'the specific ability to deal with the real world as it exists and craft things from it.' (Tom Riordan, quoted by Wallich, 2004) That is, engineering and technology (broadly conceived) are assumed to perfectly correspond to one another, now and forever: 'As William A. Wulf, president of the National Academy of Engineering (NAE), in Washington, D.C., notes, the boundaries between disciplines are a matter of human convenience, not natural law. If your aim is to define the essence of the electrical engineering profession, you might ask what all these people have in common. Perhaps what links them is the connection, however indirect, between their livelihoods and the motion of electrons (or photons). But is such a link essential to defining an EE? Not to Ulaby. 'Engineers tend to be adaptive machines,' he says. Even though there's little resemblance between the details of what he learned in school and the work he does now, Ulaby, who is also editor of the Proceedings of the IEEE, has no doubt that he himself is an EE.' (p. 68) 'As long as engineering involves using technology to make new things, [Wulf] argues, that's what engineering types will do, even if it involves work that looks like a combination of anthropology, marketing, and project management.' (p. 70)

B. ANNEXE B

COLLAPSING PROCESS 2 (ARTICLE 2)

Table B.1 Collapsing process 2: Graduating a ‘new breed’ of engineers to fulfill a profession’s expanding powers and duties

The reformers’ motion – Collapsing process 2				
		How is *Retooling*’s main thesis (MT) of engineering’s ‘expansive disintegration’ (ED) used and understood/treated by citing authors?		
Author(s), date	Level of analysis	Relative weight	Treatment of MT	Key elements of the collapsing process
Graduating a ‘new breed’ of engineers to fulfill a profession’s expanding powers and duties				
Frank et al., 2017	Course / curricula interface	Marginal No quote; only an oblique reference to convey the need for CPS	Authors refer to a supporting argument	**Complex problem-solving (CPS)** is now recognized as a fundamental skillset for engineering work. As Williams (2002) and Trevelyan (2014) each argue, ‘collaboration, complexity, ambiguity, and contradictions are **the present norm**’ (p. 1) of engineering practice. For upcoming generations of engineers to be able to face today's challenges, CPS must be successfully integrated in engineering education through early and repeated exposure. As a new problem-solving process which poses new questions to upcoming engineers and requires new competencies on their part, CPS does not challenge engineering's historical paradigm (i.e. its integrality within society) or institutional arrangements per se. Rather, CPS is conceived as one pillar of a reform whereby contemporary engineering education adapts to and formalizes new engineering work requirements and changing societal needs – the two being construed as interchangeable. In order to incrementally support engineering students in their learning of CPS, the research shows that ‘a useful approach to ensure that feedback is provided on challenging goals is to scaffold complex tasks.’ (p. 2)

The reformers' motion – Collapsing process 2				
		How is *Retooling*'s main thesis (MT) of engineering's 'expansive disintegration' (ED) used and understood/treated by citing authors?		
Author(s), date	Level of analysis	Relative weight	Treatment of MT	Key elements of the collapsing process
Graduating a 'new breed' of engineers to fulfill a profession's expanding powers and duties				
González Rivera et al., 2016	Course / curricula interface (Columbia lens)	Marginal No quote; only an oblique reference to support conclusions	*Retooling* is treated as if it mainly argued 'that engineers should retool themselves to cope with big societal problems', i.e. within current institutional arrangements	**Mainstream engineering education builds a dominant image of engineering practice as technical problem-solving**: therefore, 'activities [such as community participation and cultural understanding of people's practices: i.e. any dialogical process falling under the 'co-design' of technology] are usually seen by engineering professors as not central to the engineering process.' (p. 51) **As a result, student are diversely taught to approach problems through the lens of engineering's 'pervasive dualisms'** – i.e. 'social/technical, body/mind, tangible/intangible, social/material, male/female, engineering/science' (p. 53), 'research objectives/expected results' (p. 64), etc. –, which leave them fundamentally unprepared for the peculiar, singular, ill-defined, open-ended character of 'real problem situations' (p. 53). In order to 'retool' (Williams' expression), engineers need to learn how to frame problems in socio-material terms through a 'socio-technical approach': i.e. an approach that recognizes the 'constitutive entanglement' of the material and social; instead of 'engineers mak[ing] technology *for* others', as engineering students are usually taught, live case studies engage engineers in 'mak[ing] technology *with* others' (p. 61), thereby 'blurring the [core defining] boundaries in engineering education' (see p. 59-62). As such, **live case studies are a good way to 'question and integrate' engineering's pervasive dualisms**, yet 'in engineering education, a 'case study' often means a proof of concept to test the potential or effect of a technological artifact. […] We argue that case studies enable a concrete and sensible dialogue with the reality in which technology is developed.' (p. 63) 'Three recommendations for engineering education [are] derived from the case: (1) the case study as a tool to access the peculiarities and singularities of real problem situations (not just a final stage, as proof of concept), (2) engineering education as an embodied process, and (3) the importance of balancing summative and formative validation. **These recommendations reinforce the call by Williams, when she argues that engineers should retool themselves to cope with big societal problems**, through an emphasis on user-centered design, an understanding of

The reformers' motion – Collapsing process 2				
		How is *Retooling*'s main thesis (MT) of engineering's 'expansive disintegration' (ED) used and understood/treated by citing authors?		
Author(s), date	Level of analysis	Relative weight	Treatment of MT	Key elements of the collapsing process
Graduating a 'new breed' of engineers to fulfill a profession's expanding powers and duties				
				technology's social and cultural aspects, dealing with ill-defined problems, managing conflict and dilemmas, and exercising judgment accordingly, which implies being able to work in cross-disciplinary contexts and understanding non-technical factors in design.' (p. 63)
Williams & de Figueiredo, 2014	Eng. as a whole (Portugal lens)	Marginal No quote; only an oblique reference to convey the originality of their finding	Authors refer to a highly peripheral argument in *Retooling*	Contrary to a commonly held idea among scholars (e.g. Williams, 2002) whereby 'engineers with more experience and that have climbed the career ladder toward management roles [are the ones who] interact relatively frequently with other people' (p. 288), this mixed research realised in Portugal shows how (in line with Tilli & Trevelyan, 2008) 'an intrinsic characteristic of engineering is that it presupposes numerous interactions with other people', no matter how junior, technical or solitary the task description or function may appear from the outside (p. 288). Engineering is intrinsically 'heterogeneous' (as understood by John Law) – that is, 'sociotechnical aspects seem to play a significant role in most engineers' professional life, including those in an early career' (p. 288) –, since engineering most generally serves the purpose of 'discovering feasible solutions' (p. 301), and that such a purpose 'presupposes successful interactions with a heterogeneous set of actors within a complex network.' (p. 302) **In order to better prepare engineering students to transition to professional life, social skills must be held as fundamental to an engineer's core competency** (see Conclusion).

The reformers' motion – Collapsing process 2				
		How is *Retooling*'s main thesis (MT) of engineering's 'expansive disintegration' (ED) used and understood/treated by citing authors?		
Author(s), date	Level of analysis	Relative weight	Treatment of MT	Key elements of the collapsing process
Graduating a 'new breed' of engineers to fulfill a profession's expanding powers and duties				
Bakilapadavu & Shekhavat, 2013	Course / curricula interface (India lens)	Marginal Briefly quoted in order to frame the problem	Authors refer to *Retooling* – i.e. 'the convergence of technological and liberal-arts education' – as if it conveyed an uncontroversial North American norm	Engineering curriculum design in India would greatly gain in terms of **creativity teaching/learning** if it were influenced by a dialogue between engineers and artists: 'Engineering curriculum in India, by and large, focuses mainly on imparting education in the respective technical domain. While such a system has been producing reasonably competitive technocrats, it has not reflected much upon the concept of producing well-rounded engineers. [...] While in the last ten years or so, Indian educators and policy makers have realised the need to re-look at our engineering curriculum [in line with '[worldwide] recognition of the importance of creativity and critical thinking'], we are yet to see any significant step in this direction.' (p. 374) 'In various American and European universities, the engineering curriculum is [already] designed in such a way that a student is exposed to various 'freshman' courses in humanities in the very first year of education. They also provide a pool of electives in humanities including liberal arts from which a student must chose a few to complete course requirements. [...] Many institutions in the United States of America have realized that the current trend towards complex, highly integrated systems and global markets calls for future engineers who are more broadly educated, more flexible and more sensitive to the non-technical concerns. **Williams (2002) advocates the integration of engineering education with general education. In her book 'Retooling: A Historian Confronts Technological Change', she writes, 'The convergence of technological and liberal-arts education is a deep, long-term and irreversible trend.'** (p. 375)
Hardré & Siddique, 2013	Course / curricula interface (U.S. lens)	Marginal No quote; only an oblique reference to describe the context and	Based on *Retooling*, Eng. is framed as central and its future as unambiguou	'Engineering matters more now than ever, with much of our technological innovation in every area of specialization depending on superior engineering design and development. Today's engineers formulate complex problems as well as solve them (National Academy of Engineering, 2004, 2005). Engineering work in the twenty-first century demands a sophisticated understanding of the interface between the natural world and the artificial, an interface that is central to technological advancement (Williams, 2002).' (p. 7) And yet, '**the United States is facing an**

The reformers' motion – Collapsing process 2				
		How is *Retooling*'s main thesis (MT) of engineering's 'expansive disintegration' (ED) used and understood/treated by citing authors?		
Author(s), date	Level of analysis	Relative weight	Treatment of MT	Key elements of the collapsing process
Graduating a 'new breed' of engineers to fulfill a profession's expanding powers and duties				
		frame the problem	sly glorious	**unprecedented shortage of engineers, while the alignment of engineering curriculum models with professional career preparation is in question.**' (p. 7) 'Course and program attrition are high for engineering programs nationally and even higher for some engineering specialties.' (p. 8) **Motivation** is an integral part of the problem: 'Fewer than 10% of students who leave engineering do so because of low grades. **This apparent gap between demonstrated ability and success indicates that there are other (negative) motivational factors in play.**' (p. 8) 'A tool that helps [educators] make sense of this complexity can provide the structure necessary for selecting and implementing motivational components systematically in the design of instruction and optimize effects for both designer-instructors and learners (Hardré & Miller, 2006). The [proposed] SUCCESS framework of motivating opportunities for instructional design is just such a tool (Hardré, 2011).' (p. 9-10) 'Engineering is a challenging field, requiring the integration of advanced math and science skills, a depth of both discipline-specific 'book knowledge' and applied skills, and a degree of creativity and adaptivity to support innovation. However, it can be made accessible and motivating to many more students who possess the requisite background and ability, those whom the field has historically not retained.' (p. 18)

The reformers' motion – Collapsing process 2				
		How is *Retooling*'s main thesis (MT) of engineering's 'expansive disintegration' (ED) used and understood/treated by citing authors?		
Author(s), date	Level of analysis	Relative weight	Treatment of MT	Key elements of the collapsing process
Graduating a 'new breed' of engineers to fulfill a profession's expanding powers and duties				
Rao et al., 2013	Eng. as a whole	Medium A supporting argument to the MT is used as a part of the article's theoretical framework	R. Williams is quoted and paraphrased on her description of Western thought's changing relationships to nature and technology; i.e. *Retooling*'s derived perspective on Eng. educ. remains unexpressed, and may even be contradicted by the article's main recommendation.	'Sustainable engineering has been highlighted in many national reports as a key component of the education of engineers of the future.' (see Abstract) So how may we 'understand the inferior status that sustainable engineering currently occupies in the disciplinary hierarchy'? (see Abstract) It is posited that an ecofeminist perspective helps to understand this inferior status: i.e. **the case is made that, although sustainability is broadly acknowledged as a topic needing to be integrated to the core, sustainability gets surreptitiously ''othered' from engineering' through the pervasively 'masculine adjectives [that are used] to describe the work of engineers.'** (p. 1474) The argument builds on 'third wave feminism [which] deconstructs the notion of duality, an idea central to many forms of Western thought where there is a supposed disconnect between the public and private, male and female, and culture and nature. On one side of the duality is the public, the masculine, and culture, and at the other end we find the private, the feminine, and nature. […] To connect this [ecofeminism] more closely with engineering and technology, we draw upon the work of Rosalind Williams […].Williams emphasizes that, while people in the past may have seen themselves embedded in non-human nature, human technology today attempts to control that non-human nature. She calls for a different relationship with nature, noting that we live in a 'hybrid world' where nature and humans are inextricably linked, therefore requiring an awareness of the long-term social repercussions of technology.' (p. 1475) So insofar as engineering's historical core is a paragon of masculinity whereby 'sustainability [is identified] with adjectives used to denigrate the feminine' (p. 1474), it needs to 're-weav[e] [such] dualities' in order to integrate sustainability within its core (p. 1476). And 'while it seems difficult, amongst everything else an engineer-in-training needs to learn, to add in such a complex topic in a four-year curriculum, globally and collectively we cannot afford *not* to include it.' (p. 1486)

The reformers' motion – Collapsing process 2				
		How is *Retooling*'s main thesis (MT) of engineering's 'expansive disintegration' (ED) used and understood/treated by citing authors?		
Author(s), date	Level of analysis	Relative weight	Treatment of MT	Key elements of the collapsing process
Graduating a 'new breed' of engineers to fulfill a profession's expanding powers and duties				
Zhou, 2012	Engineering as a whole	Marginal Briefly quoted in order to frame the problem	The author equates ED with a need for creativity teaching and learning within Eng.'s prevailing institutional arrangements	Barriers to **creativity teaching/learning** (or creative problem-solving) prevail in engineering education, in spite of a broadly acknowledged need for engineers that are more creative. 'As argued by Williams (2002), what engineers are being asked to learn keeps expanding along with the scope and complexity of the hybrid world', meaning that 'engineering education needs to foster creative students to face the challenges of complex engineering work.' (p. 344) For any given process or product, engineering creativity pivots on, and may be assessed with respect to: design relevance, design effectiveness and design novelty. With respect to these criteria, creative thinking among students therefore tends to be blocked by six types of prejudices of engineering educators, pertaining to what professional engineering should be or not be: 1) 'engineering is serious business', whereas 2) 'creativity leads to chaos and disorder'; 3) 'creative behaviour contradicts or violates academic standards'; and 4) 'Musicians, artists and poets [who typically incarnate creativity] do not build automobiles, bridges and mobile phones'. Altogether, then, 5) 'Anyone can produce a draft design', but 'Engineers must only use fundamentally sound equations and established procedures and precedents to design' because 6) 'Engineers cannot take risks.' (p. 349) 'In order to overcome current barriers to creativity in engineering education, suggestions are proposed for [1] facilitating staff development, [2] providing creativity training to students, [3] encouraging group work and [4] building a creative learning environment.' (see p. 351-352)

The reformers' motion – Collapsing process 2				
		How is *Retooling*'s main thesis (MT) of engineering's 'expansive disintegration' (ED) used and understood/treated by citing authors?		
Author(s), date	Level of analysis	Relative weight	Treatment of MT	Key elements of the collapsing process
Graduating a 'new breed' of engineers to fulfill a profession's expanding powers and duties				
Sankar & Raju, 2011	Course / curricula interface (U.S. lens)	Marginal Briefly quoted in order to frame the problem	Authors use a quote from *Retooling* to call for more diversity within Eng.'s dominant curricular model, whereas this quote (if read in context) rather questions Eng.'s prevailing/historical institutional arrangements	On the whole, the engineering education paradigm needs to shift 'so that our undergraduate and graduate programs can prepare engineers to meet the needs of the changing economy and society.' (p. 46) Among proponents of such a shift, Rosalind Williams (2002, 2003) 'depict[s] engineering education as needing to provide an environment in which students learn to justify and explain their approach to solving problems and also to deal with people who have other ways of defining and solving problems.' (p. 45) 'There is now a growing realization among educators of the need to place a greater emphasis on improving higher-order cognitive skills (e.g., reasoning, critical thinking, decision making, problem identification, and problem solving) in engineering education.' (p. 47) This altogether means that **'diversity is essential in engineering so that it can take advantage of life experiences that bear directly on good engineering design.** [Wulf (1998)]' (p. 45) **And yet, engineering programs are known to be predominantly white and masculine, that is, they poorly retain women and minorities.** (see Introduction) This 'call[s] for significant breakthroughs in understanding how students learn engineering [...]. We answer this call by developing a model of student learning performance' (p. 46) which is based on students' reactions to/appreciation of 'information technology and new instructional pedagogies.' (p. 46) 'This project adds to the body of knowledge on retaining minorities in engineering programs as a result of understanding which pedagogical strategies and learning opportunities are most conducive to their success.' (p. 53)

The reformers' motion – Collapsing process 2				
		How is *Retooling*'s main thesis (MT) of engineering's 'expansive disintegration' (ED) used and understood/treated by citing authors?		
Author(s), date	Level of analysis	Relative weight	Treatment of MT	Key elements of the collapsing process
Graduating a 'new breed' of engineers to fulfill a profession's expanding powers and duties				
Godfrey & Parker, 2010	Institutional (Australia lens)	Marginal Briefly quoted in order to capture a nuance	*Retooling* is vaguely represented as mainly calling into doubt the nature (or existence) of a distinctive engineering culture	'Calls for culture change as key to systemic reform in engineering education implicitly assume the existence of common elements of a distinctive culture.' (see Abstract) And **'while the nature of this culture has been questioned (Godfrey, 2007; Williams, 2002), engineering educators undoubtedly continue to recognize practices and behaviors that transcend differences in engineering specialization, institutions, and even national boundaries.'** (p. 5) In other words, identity matters, in spite of critiques whereby 'this view of culture' (e.g. Eisenhart, 2001) is limited and wrongly construed as a tidy, internally coherent and bounded whole (p. 6). 'The aim of this study [therefore] is to develop a conceptual framework of cultural dimensions that has the potential to guide the understanding of culture in the context of engineering education to demonstrate 'where we are' and 'how to get where we want to go'.' (see Abstract) Such 'a conceptual framework, or cultural map, accessible to engineering educators, is needed [...] before effective culture change in engineering education can occur.' (p. 6)
Sankar et al., 2010	Course / curricula interface (U.S. lens)	Marginal Briefly quoted in order to frame the problem	Engineering is clashingly poised for social leadership based on *Retooling*	As 'Rosalind Williams (2002, 2003) argued, 'the mission of engineering changes when its dominant problems no longer involve the conquest of nature but the creation and management of a self-made habitat.' She goes on to depict engineering education as needing to provide an environment in which students learn to justify and explain their approach to solving problems and also to deal with people who have other ways of defining and solving problems.' (p. 34) Such **leadership skills**, however - i.e. 'to be able to work with others', to 'develop good group dynamics skills' and 'a spirit of collaboration and teamwork' -, are known to be part of what engineering students lack upon graduation (see Introduction). **As Daniels (2009) insists upon, 'we [as engineering educators] need to develop individuals who will lead our organizations in the future.'** (p. 34) In order to contribute to such an effort, 'this paper focuses on studying multiple instructional methodologies and investigates which ones develop some of the [needed] leadership skills in an introductory engineering class.' (p. 35) An outstanding conclusion is that 'hands-on activities such

The reformers' motion – Collapsing process 2				
		How is *Retooling*'s main thesis (MT) of engineering's 'expansive disintegration' (ED) used and understood/treated by citing authors?		
Author(s), date	Level of analysis	Relative weight	Treatment of MT	Key elements of the collapsing process
Graduating a 'new breed' of engineers to fulfill a profession's expanding powers and duties				
				as projects, multi-media case studies, and labs' best contribute to developing leadership skills: 'Learning through work or real-world-based instructional materials [...] offers advantages over traditional teaching and learning approaches.' (p. 48-49)
Kabo et al., 2009	Course / curricula interface	Useful Quoted in order to frame the problem and inspire the solution	Drawing on *Retooling*, the article seeks a new balance for student-engineers to develop into reflexive (self-aware) professionals, while leaving Eng. education's historical institutional arrangements unquestioned	'Most engineers would agree with the basic idea of themselves that 'We are engineers, we solve problems' (Williams quoting Provost Robert Brown of MIT, 2002, p. 29). But Williams asks of us: 'Do [engineers] solve problems? The big problems of the world … are far too big for engineers to solve by themselves. Engineers may make useful contributions, but they may also be less than useful if they are implicated in causing these problems in the first place, or if they seek tidy solutions when there are none.' (Williams, 2002, pp. 29-30) [...] **If we are to heed Williams warning about the limits of engineering problem solving, we need to consider how a balance can be found where engineers can contribute in a positive way towards lessening the world's most pressing issues without being blinded by their belief in the infallibility of engineering**. Williams is not the only one expressing concern and critique of the traditional approach to engineering problem solving.' (p. 127) In order to approach such a balance, a course was designed 'where engineering and social science students come together to develop **critical perspectives**. [...] The course fits into a wider tradition of 'critical pedagogy' or education centred on social justice, which dates back to Freire (1970).' (p. 127-128) **Over the course's length, 'the engineers shifted away from technological and capitalist rationality toward deconstruction and re-evaluation of their understanding of their future profession.** The social science students generally shifted from a vague and often negative view of engineering toward a more complex understanding where the potential of engineering were seen in a more positive light.' (p. 132)

The reformers' motion – Collapsing process 2				
		How is *Retooling*'s main thesis (MT) of engineering's 'expansive disintegration' (ED) used and understood/treated by citing authors?		
Author(s), date	Level of analysis	Relative weight	Treatment of MT	Key elements of the collapsing process
Graduating a 'new breed' of engineers to fulfill a profession's expanding powers and duties				
Sheppard et al., 2008	Eng. as a whole (U.S. lens)	Useful Quoted in order to frame the problem	In drawing on *Retooling*'s image of a hybrid world – the transformative forces of which have set Eng. on a paradoxical process of ED –, authors clashingly infer that engineering and engineers have never mattered more	'The world is dynamic. A multitude of challenges and opportunities are accelerating changes in how we view our planet and interact with one another as countries, states, communities, and neighbors. [...] Technical and non-technical issues are inextricably and increasingly linked, as the boundary between 'autonomous, non-human nature and human generated processes' become increasingly blurred; R. Williams describes this linked state as 'a hybrid world' (Williams, 2002, p. 31). As a consequence, what engineers do is increasingly and intimately involved in creating and shaping this multi-faceted and highly integrated world. In other words, **engineering and engineers have never mattered more**. All of this makes for a challenging environment within which to design and deliver quality engineering education. U.S. engineering education must not only prepare graduates to work in this rapidly changing world, but also **engage students in disciplines beyond engineering to make them better engineers and more informed human beings and citizens**. […] What tools and strategies might the architects and deliverers of today's engineering education use to create programs that form **engineers capable of confronting tomorrow's challenges**?' (p. 231)
Dodgson et al., 2007	Engineering as a whole	Marginal Quoted in order to frame the problem	ED is misconstrued as a newly acquired quality of current Eng.:	'In this paper, we examine the role of technology in helping engineers solve problems and ameliorate some of the uncertainties involved in engineering projects. Our focus is the role played by modelling and simulation technology [i.e. 'innovation technology' (IvT)] in developing engineering solutions.' (p. 471-472) **As widely acknowledged, 'the role of engineers is changing with a shift towards what Williams describes as the 'expansive disintegration of engineering knowledge'.**

The reformers' motion – Collapsing process 2				
		How is *Retooling*'s main thesis (MT) of engineering's 'expansive disintegration' (ED) used and understood/treated by citing authors?		
Author(s), date	Level of analysis	Relative weight	Treatment of MT	Key elements of the collapsing process
Graduating a 'new breed' of engineers to fulfill a profession's expanding powers and duties				
			i.e. today's practicing engineers already are hybrids and, as such, need IvT to support them in their new expanding role and ever more ubiquitous involvement 'in almost every facet of society and the economy'	**To solve the problems that confront them, engineers often rely on a social and informal culture, networks and patterns of communication.** [...] [Digital tools] provide the basis for digital models that assist in abstracting physical phenomena, allowing engineers to experiment, simulate and play with different options whilst engaging with a range of interested parties. [...] Traditional practices of design are being opened to more concurrent diagnostic enquiry. Added-value in design and development processes comes from creative and schematic work where designers produce solutions that are beyond the calculations embedded in routinized software programmes. […] This schematic work involves seeing the interfaces between components and obtaining engagement and commitment from different specialists and stakeholders.' (p. 481) Overall, then, 'a key facet of IvT is the manner in which it represents complexity in a relatively simple way […] [that] assists communications and understanding across boundaries' (p. 484): 'these techniques assist a wider range of participants to engage with projects, shaping and representing potential solutions. [...] Highly complex problems in which it has been traditionally difficult for interested parties with limited expertise to engage may thereby be assisted [by engineers] through the use of modelling and simulation techniques.' (p. 486)
Jarosz & Busch-Vishniac, 2006	Eng. discipline (U.S. lens)	Marginal No quote; only an oblique reference to frame the problem	Authors refer to a supporting argument in *Retooling*	'Unless we increase the proportion of students who choose to study engineering, we will find it impossible to meet the increasingly technical needs of business and other organizations in the public and private sectors [in the United States]. Despite these workforce shortages, the engineering curricula in academic institutions have hardly changed in decades and course titles vary little from institution to institution.' (p. 241) A series of 'factors prompt a **high attrition rate from engineering** [...]. The result is **a culture of exclusion**, in which pride is invested in how arduous a program is, rather than a culture of inclusion that would strive to maximize the success of all students expressing an interest in engineering as a career. In this context, [the

The reformers' motion – Collapsing process 2				
		How is *Retooling*'s main thesis (MT) of engineering's 'expansive disintegration' (ED) used and understood/treated by citing authors?		
Author(s), date	Level of analysis	Relative weight	Treatment of MT	Key elements of the collapsing process
Graduating a 'new breed' of engineers to fulfill a profession's expanding powers and duties				
				authors'] goal is to take a fresh look at the engineering course requirements with an aim of making the field more attractive without sacrificing technical rigor.' (p. 241) 'If **the ultimate goal of revising the program is to attract larger numbers of better students, and to produce degree recipients more prepared for the jobs of the future**, then it is hard to argue that the trends in funding and program growth should be ignored.[...] With the growing trend toward a biological focus in science and engineering [Williams, 2002], mechanical engineering faculty might do well to consider whether there are biological topics that ought to be on the high frequency list in the future.' (p. 244) This goal can be achieved by 'cleaning' engineering curricula and focusing them on topics (as opposed to courses) which appear on the 'consensus list' derived from their analysis, thereby 'leav[ing] greater flexibility and more time for more contemporary technical topics and professional skills' (p. 247)
Fernandes, 2004	Eng. as a whole	Marginal No quote; only an oblique reference to describe the context and frame the problem	Authors refer to a highly peripheral argument in *Retooling*	Engineering and engineers are at the heart of today's value creation mechanisms just as they have been for over a century: 'According to Rosalind Williams (2002), an historian and MIT Dean in the 1990s, the number of US practising engineers multiplied twentyfold, from 7000 to 136 000, between 1880 and 1920. There were, in 1998, two million, about 1.7% of the US working population.' (p. 315) Bearing that in mind, 'there is a fundamental meaning of [the] value [concept], which every engineering student must be aware of: **economic value.** [...] Engineers deal in their professional activity with economists, managers, design experts, marketing analysts and clients, all of them talking about value and meaning different things. They must understand all of them and be able to translate their value metrics to the economic value reference. To do that, they have to be trained specifically on these matters. [...] **The management of value** is [therefore] a new discipline engineering students should not be deprived of, without which it is not possible to fully understand our social roles and responsibilities. Teaching engineering students about technical efficiency is not enough. They must understand economic productivity, the importance of innovation, knowledge creation and sustainable development in a

The reformers' motion – Collapsing process 2				
		How is *Retooling*'s main thesis (MT) of engineering's 'expansive disintegration' (ED) used and understood/treated by citing authors?		
Author(s), date	Level of analysis	Relative weight	Treatment of MT	Key elements of the collapsing process
Graduating a 'new breed' of engineers to fulfill a profession's expanding powers and duties				
				global world.' (p. 328-329) 'Teaching engineering students about value must contain the idea that their own work has a value and the product of their work is also a valuable good. This economic model allows a quantification of the engineering value added, meaning the quantity of economic value that is directly or indirectly added by engineers within the economic process. [...] The indirect contribution of engineering to total value added includes the value added by technology use, as technology is the product of R&D activity and its use is basically controlled by engineers.' (p. 328)
Splitt, 2004	Engineering as a whole (U.S. lens)	Marginal Briefly quoted in order to frame the problem	The author seems to conceive of 'the convergence of technological and liberal-arts education' as bound to occur within Eng.'s prevailing institutional arrangements	'The well-being of future generations will depend to a large extent on how we educate our future engineers. These engineers will be **a new breed** – developing and using sustainable technology, benign manufacturing processes and an expanded array of environmental assessment tools that will simultaneously support and maintain healthy economies and a healthy environment.' (p. 1006) 'Above all, engineering graduates need to be much better prepared for the 21st-century engineering workplace. According to Rosalind Williams: *'The convergence of technological and liberal-arts education is a deep, long-term and irreversible trend. Students need to be prepared for life in a world where technological, scientific, humanistic and social issues are all mixed together.'* Numerous articles, papers, books, workshops and conference proceedings have made a compelling case for systemic engineering education reform. Among these are the recent calls for change by the National Academy of Engineering (NAE) leadership.' (p. 1005) So how can we 'close the **environmental literacy** gap that exists in most of our nation's engineering programs and disciplines' (p. 1006) so as to achieve such a change? A 'systemic engineering education reform' is needed, yet 'there is no 'one-size-fits-all' transition paradigm.' (p. 1009) And 'change will most likely occur incrementally.' (p. 1007) All stakeholders of engineering education 'can play a significant role in bringing about the reform' (p. 1009).

C. ANNEXE C

COLLAPSING PROCESS 3 (ARTICLE 2)

Table C.1 Collapsing process 3: “Dissolving” engineering’s institutional boundaries and corresponding core of meaning through engineering education

The critics’ motion – Collapsing process 3				
		How is *Retooling*’s main thesis (MT) of engineering’s ‘expansive disintegration’ (ED) used and understood/treated by citing authors?		
Author(s), date	Level of analysis	Relative weight	Treatment of MT	Key elements of the collapsing process
‘Dissolving’ engineering's institutional boundaries and corresponding core of meaning through engineering education				
Lagesen & Sørensen, 2009	Eng. discipline (Denmark lens)	Marginal No quote; R. Williams is paraphrased on the idea that ‘technology is no longer the exclusive domain of engineers’	ED is referred to in order to clarify the unorthodox/disruptive relation of software engineering to Eng.’s prevailing institutional arrangements, while emphasis is put on deconstructing and problematizing software engineering’s own version of the social/technical binary	How is the social/technical binary enacted by software engineers through communication practises? Based on the ethnographic study of the education and practice of software engineers through four Norwegian organizations, and Erwin Goffman's concept of framing, authors conclude that ‘a subtle but definite focus on technical knowledge [prevails, in spite of the broad consensus within the field whereby ‘software engineers should be hybrids, integrating technical and social skills’ (p. 130)]. [...] While [participating software engineers] did not use the social/technical dualism in an explicit way, they talked about ‘technical’ and ‘social’ competences in a different way. The first was the object of a professional discourse, the latter was not.’ (p. 145-146) ‘Seemingly, they did not walk [the social/technical binary] line. [...] [Yet they] account[ed] for knowledge about ‘social’ features in lay terms, often as personal skills, while they referred to technological competence in a professional, knowing manner. This shows how complex the enactment of the social/technical binary in engineering may be [and how it exists even in sites of purported cutting-edge hybrid practises, that overflow engineering’s prevailing institutional arrangements]’ (p. 146): **‘though there is no doubt that the three companies were in software engineering […], it was a minority that were formally trained as software engineers** […]. Rosalind Williams argues that technology is no longer the exclusive domain of engineers, that engagement with technology has far outgrown single professional status. We believe this to be true for software engineering. […] In the companies, no clear-cut distinction was made between those with a formal education in software engineering and those who had acquired such competence in other ways.’ (p. 135) So although much more subtly than in Wendy Faulkner's accounts, ‘the socio-technical binary and the implied hierarchy, which privileges the ‘technical’ over the ‘social’, [...] [kept on] legitimiz[ing] the more powerful and esteemed social position of engineers [broadly construed], compared to many other employees and professionals.’ (p. 132) As a result, **‘the dualism of the**

The critics' motion – Collapsing process 3				
		How is *Retooling*'s main thesis (MT) of engineering's 'expansive disintegration' (ED) used and understood/treated by citing authors?		
Author(s), date	Level of analysis	Relative weight	Treatment of MT	Key elements of the collapsing process
'Dissolving' engineering's institutional boundaries and corresponding core of meaning through engineering education				
				social and technical rather should be understood as a complex distribution of skills and concerns' whereby 'the realism' of proposals in favor of a comprehensive software Eng. educ. is to be reconsidered (p. 147). 'In addition, there is also a challenge to human and social sciences to provide (some of) their graduates with the skills needed to interact constructively with engineers.' (p. 147)
Brown et al., 2009	Engineering as a whole (Western lens)	Medium Although *Retooling* is referred to late in the article, it is used to support its main claim	ED is referred to in order to convey the nature and depth of the struggles that Western engineering professions have faced in recent decades (namely in terms of self-identity), as well as to emphasize the (de)constructive role that history and historians of technology can play in confronting them	'All is not well in the history of technology – and for that matter in the engineering profession – at least in Europe and the United States. [...] Now, more than ever, the two fields need each other.' (p. 745) On the one hand, 'such varied users of the history of technology [as engineering schools and the engineering professionals] are vital to the ultimate health of the field. On this count, there is cause for concern. [...] Success as an academic discipline of historians has meant the loss of that ecumenical quality that [the field] founders sought, achieved, and maintained for decades.' (p. 746) On the other hand, 'the engineering profession(s) have also struggled. Their challenges lie in such areas as membership, funding, societal roles, and self-identity. In the past half-century, engineering has splintered further, with new specialties in systems, […] and biomedical […]. Rosalind Williams has described this process as the 'expansive disintegration' of engineering. These new specialties have made it more difficult for engineers to claim 'jurisdiction' over technology. They have also made it harder for engineers – and the general public – to derive a clear sense of whether engineering plays any social role beyond the twinned determinisms of advancing autonomous technical change and serving the profit motive.' (p. 746-747) As renown historian David Mindell stated back in 2007, ''There really is a role for historians' in that good history of technology 'belies a notion of linear progress' commonly assumed by engineers and 'helps provide a sense of humility.' History of technology can help prevent or overcome hubris among engineers [by namely providing a strong historical base for engineering education/educators, in response to ABET's new EC 2000 standards]. [...] If [historians] heed Wisnioski's concern about appropriation, cases would also bring critical historical analysis to bear in engineering education and practice, in short 'messing with their

The critics' motion – Collapsing process 3				
		How is *Retooling*'s main thesis (MT) of engineering's 'expansive disintegration' (ED) used and understood/treated by citing authors?		
Author(s), date	Level of analysis	Relative weight	Treatment of MT	Key elements of the collapsing process
'Dissolving' engineering's institutional boundaries and corresponding core of meaning through engineering education				
				minds' in ways that can improve students' working lives in engineering.' (p. 749) 'But historians of technology must undertake deliberate efforts – as individuals and as a society – to build these bridges while preserving the critical analysis that is central to the humanities, and often in tension with engineering's normativities.' (p. 750) 'As editors of this cluster, we are well aware that this introduction appears to stray from tradition, veering from an overview of the historiography to a consideration of the uses of history. But questions of use and audience are – or should be – essential matters for all historians. Anyone who teaches history of technology deals with this duality all the time. Engineering educators pride themselves on viewing their fields as forward-looking. But as shown in the articles that follow, history always influences engineering formation and its evolving incarnations and concerns.' (p. 751)

The critics' motion – Collapsing process 3				
		How is *Retooling*'s main thesis (MT) of engineering's 'expansive disintegration' (ED) used and understood/treated by citing authors?		
Author(s), date	Level of analysis	Relative weight	Treatment of MT	Key elements of the collapsing process
'Dissolving' engineering's institutional boundaries and corresponding core of meaning through engineering education				
Downey, 2009	Eng. as a whole	Marginal *Retooling* is only briefly paraphrased on the critique that it develops on Eng.'s identity as problem solvers	In itself, the article offers very little insight into *Retooling*'s MT or ED, yet the article cannot be red in isolation from Downey, 2005 (see Table A.1)	'In this article, [...] scaling up [is construed] as a scholarly practice and [...] a case [is made] that engineering studies as a scholarly arena highlight attention to what might be called **scalable scholarship**. Giving greater attention to scaling up research outcomes in engineering studies means […] granting heightened visibility and importance to what we might think of as the external projects of such work. [...] A key external project for [the author's] own recent work has involved participating critically in ongoing struggles to (re)define in engineering curricula what counts as appropriate competencies for engineers, with the goal of **integrating practices of critical self-analysis**.' (p. 56-57) Based on A. Gramsci's work, Rosalind Williams' critical perspective on engineering problem solving, as well as his own research on 'the dominant images and practices of engineering problem solving' (p. 64), the author argues for a definition of engineering studies as 'scalable scholarship': i.e. as research that critically engages dominant images and practices on which engineers rely by internalizing scalability as a goal (p. 57). 'Scalable scholarship avoids the comforts of resolute pessimism, and the pursuit of isolated critical virtuosity. It necessarily relies upon the intellectual work of critique for its contents, but critique dies without the work of scaling up. Quality scholarship in engineering studies must include but extend beyond critical analysis 'getting it right'. Minimally, one dimension for scholars to consider in adopting research practises in engineering studies is their potential for producing scalable findings. Scalable scholarship also risks co-optation. [...] [Yet] **To develop and persist, engineering studies must [therefore] embrace the questions: What are engineers for? and What is engineering for? Only then will we begin to demonstrate what engineering studies are for.'** (p. 74)

The critics' motion – Collapsing process 3				
		How is *Retooling*'s main thesis (MT) of engineering's 'expansive disintegration' (ED) used and understood/treated by citing authors?		
Author(s), date	Level of analysis	Relative weight	Treatment of MT	Key elements of the collapsing process
'Dissolving' engineering's institutional boundaries and corresponding core of meaning through engineering education				
Mitcham, 2009	Eng. as a whole (U.S. lens)	Medium *Retooling*'s MT is brought in and quoted only as a part of conclusive remarks, yet its weight in relation to the author's main line of argument is significant	R. Williams is quoted on her concept of ED in order to convey the nature and depth of the struggles that the American engineering profession has faced in recent decades (namely in terms of self-contradictions), as well as to heed the notion that 'the age of engineering as we have known it is coming to an end.'	By reviewing 'the last one hundred years of **engineering ethics** development and the place it now occupies in [U.S.] engineering education' the article aims at 'promot[ing] reflection on **what role it might play in the future**.' (p. 35) **'Ultimately, it might [...] be worth considering the possibility that the age of engineering as we have known it is coming to an end.'** (p. 48) 'The idea that the age of engineering as we have known it may be coming to a close is on the intellectual agenda in a number of serious discussions related to engineering ethics broadly construed. Two examples are reports [...] from the NAE. [...] To give this prospect positive form, consider that the 2020 future scenarios indicate much [more] than the need for a reformed conception of engineering, what might well be called **'post-engineering'**' – one indicator 'of what this post-engineering might be like' being Rosalind Williams' *Retooling* (p. 49). 'In her insightful memoir, Williams explores the self-contradictions in engineering, especially how engineering has undermined if not destroyed the ways of life on which engineering and engineers have from the 1500s depended. The phenomenon of post-engineering is the paradox of an 'expansive disintegration': 'There is no 'end of engineering' in the sense that it is disappearing. If anything, engineering-like activities are expanding. What is disappearing is engineering as a coherent and independent profession that is defined by well-understood relationships with industrial and other social organizations, with the material world, and with guiding principles such as functionality. […] Engineering emerged in a world in which its mission was the control of non-human nature and in which that mission was defined by strong institutional authorities. Now it exists in a hybrid world in which there is no longer a clear boundary between autonomous, non-human nature and human generated processes.' Surely this is the reality on which a new engineering ethics, enhanced by an alliance with policy, is called upon to reflect.' (p. 49-50) 'Independent of Williams [...], the argument for a post-engineering ethics and policy may be outlined as follows: A world transformed by the possibilities of continuing scientific revolution, or biotechnological revolution and social reaction, or concatenations of natural disasters, or global conflict between civilizations is indeed one

The critics' motion – Collapsing process 3				
		How is *Retooling*'s main thesis (MT) of engineering's 'expansive disintegration' (ED) used and understood/treated by citing authors?		
Author(s), date	Level of analysis	Relative weight	Treatment of MT	Key elements of the collapsing process
'Dissolving' engineering's institutional boundaries and corresponding core of meaning through engineering education				
				in which – to quote from the main body of The Engineer of 2020 report – 'engineering schools may have to create new engineering degree programs to attract a new pool of students interested in a less rigorous engineering program as a 'liberal' education' and engineers must be 'educated to understand and appreciate history, philosophy, culture, and the arts.' **But the obvious question is: Why should such a liberal arts-based program or a program focused on history, philosophy, culture, and the arts continue to be called engineering?** [...] **What is the justification for such a rhetorical ploy? Quo vadis engineering? Is this not the question on which engineering ethics should be focused on infusing into engineering?'** (p. 50-51)

BIBLIOGRAPHIE

Adorno, T. W. (2011). Cohérence et sens. Dans *Théorie esthétique.* Paris : Klincksieck. 193-229.

Aguilera, T. et Vitale, T. (2015). Bidonvilles en Europe, la politique de l'absurde. *Revue Projet, 5*, 68-75.

Akrich, M. (1987). La construction d'un système socio-technique : esquisse pour une anthropologie des techniques. Dans Akrich, M. Callon, M. et B. Latour, B (2006), *Sociologie de la traduction : textes fondateurs* (109-134). Paris : Presse de l'École des Mines de Paris.

Alder, K. (1997). *Engineering the revolution: Arms and Enlightenment in France - 1763-1815.* Chicago : Chicago Press.

Alder, K. (2010). *Engineering the Revolution: arms and Enlightenment in France, 1763–1815* [1997]. Princeton, N.J. : Princeton University Press.

Ambrosino, C., Guillon, V. et Talandier, M. (2018). Résiliente, collaborative et bricolée. Repenser la ville créative à « l'âge du faire ». *Géographie, économie, société, 20*(1), 5-13.

Amselle, J.-L. (2008). « Introduction. » Dans *L'occident décroché : Enquête sur les postcolonialismes*. Paris : Stock.

Andersen, C. (2017). Internationalism and Engineering in UNESCO during the End Game of Empire. *Technology and Culture, 58*(3), 650-677.

Anderson, M. et Anderson, S. L. (2011). General Introduction. *Machine Ethics.* Cambridge : Cambridge University Press. 1-4.

Anex, R. et Lifset, R. (2014). Life cycle assessment: different models for different purposes. *Journal of Industrial Ecology, 18*(3), 321-323.

Arendt, H. (1971). Thinking and Moral Considerations: A Lecture. *Social Research, 38*(3). 417-446.

Arendt, H. (1973, 21 janvier) *Remarks of Professor Hannah Arendt*. Transcript of a conference presented at the American Society of Christian Ethics Fourteenth Annual Meeting, Richmond, Virginia, United States. p. 1-12 (images 6 to 17). Folder Title, Hannah Arendt Papers, Manuscript Division, Library of Congress, Washington, D.C.

Arendt, H. (2012a). Condition de l'homme moderne [1958]. Dans *Hannah Arendt : L'humaine condition*, P. Raynaud (dir.). France : Quarto Gallimard. 53-323.

Arendt, H. (2012a). De la révolution [1963]. Dans *Hannah Arendt : L'humaine condition*, P. Raynaud (dir.). France : Quarto Gallimard. 53-323.

Arendt, H., Bouretz, P. et Pouteau, M. (2002). *Origins of Totalitarism : Eichmann in Jerusalem [Les origines du totalitarisme: Eichmann à Jérusalem]*. Paris : Gallimard.

Armytage, W. H. G. (1961). *A social history of engineering.* Cambridge : The MIT Press.

Arnstein, S. R. (1969). A ladder of citizen participation. *Journal of the American Institute of planners*, *35*(4), 216-224.

Audet, R. (2014). The double hermeneutic of sustainability transitions. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, *11*(0), 46-49.

Bakilapadavu, G. et Shekhavat, S. (2013). Integrating Humanities and Liberal Arts in Engineering Curriculum: Need, Experiences and New Directions. *Pertanika Journal of Social Sciences & Humanities*, *21*(1), 373-382.

Banham, R., Barker, P., Hall, P. et Price, C. (1969). Non-Plan: Experiment in Freedom. *New society*, *13*(338), 435-441.

Barel, Y. (1982). *La marginalité sociale*. Paris : Presse universitaire de France.

Barel, Y. (1989). *Le paradoxe et le système : essai sur le fantastique social.* (2e éd.) Grenoble : Presse universitaire de Grenoble.

Barker, P. (1999). Non-plan revisited: or the real way cities grow. The tenth Reyner Banham memorial lecture. *Journal of Design History*, *12*(2), 95-110.

Barnett, C. et Parnell, S. (2016). Ideas, implementation and indicators: epistemologies of the post-2015 urban agenda. Environment and Urbanization, 28(1), 87-98.

Beamish, T. D. et Biggart, M. W. (2012). The role of social heuristics in project-centred production networks: insights from the commercial construction industry. *The Engineering Project Organization Journal*, 2, 57–70.

Beck, U. (1992). *Risk Society: Towards a New Modernity*. Londres : Sage Publications.

Beck, U. (2005). The Cosmopolitan State: Redefining Power in the Global Age. *International Journal of Politics, Culture, and Society*, *18*(3-4), 143-159.

Beck, U. (2008). *La société du risque: Sur la voie d'une autre modernité*. Paris : Flammarion.

Beddoes, K. (2014). Methodology discourses as boundary work in the construction of engineering education. *Social Studies of Science*, *44*(2), 293-312.

Bergson, H. (2003). Le possible et le réel. [1930] Dans *La pensée et le mouvant. Essais et conférences*. Chicoutimi : Classiques des sciences sociales, 56-65.

Besson, R. (2018). Les «Ateneus de Fabricació» barcelonais et les «Laboratorios ciudadanos» madrilènes. Une nouvelle approche de l'innovation urbaine?, *Géographie, économie, société*, *20*(1), 113-141.

Bimber, B. et Guston, D. H. (1997). Introduction: The end of OTA and the future of technology assessment. *Technological Forecasting and Social Change*, *54*(2-3), 125-130.

Björck, H. (2016). A distinguished scientific field? Pursuing resources and building institutions for engineering research in Sweden, 1890–1945. *History and Technology*, *32*(4), 315-348.

Boltanski, L. et Chiapello, E. (2011). *Le nouvel esprit du capitalisme*. France : Gallimard.

Borgmann, A. (2007). Technology. Dans *A Companion to Heidegger*. Oxford : Blackwell Publishing. 420-432.

Borrego, M. et Bernhard, J. (2011). The Emergence of Engineering Education Research as an Internationally Connected Field of Inquiry. *Journal of Engineering Education*, *100*(1), 14–47.

Borrego, M. et Henderson, C. (2014). Increasing the use of evidence-based teaching in STEM higher education: A comparison of eight change strategies. *Journal of Engineering Education, 103*(2), 220–252.

Borrego, M., Foster, M . J. et Froydb, J. E. (2014). Systematic Literature Reviews in Engineering Education and Other Developing Interdisciplinary Fields. *Journal of Engineering Education, 103*(1), 45–76.

Borri, C. (2003). Foreword: Reshaping the engineer for the 3rd millennium. *European Journal of Engineering Education, 28*(2), 137-138.

Botsman, R. (2012, juin). *The currency of the new economy is trust* [vidéo en ligne]. Récupéré de : < https://www.ted.com/talks/rachel_botsman_the_currency_of_the_new_economy_is_trust >.

Bourdieu, P. (1977). *Outline of a Theory of Practice*. New York : Cambridge University Press.

Bourdieu, P. (1980). Structure, habitus et pratique. Dans *Le sens pratique.* Paris : Éditions de Minuit. 87-109.

Bourdieu, P. (1984). Un « livre à brûler »? Dans *homo academicus*, Paris : Éditions de Minuit. 11-52.

Bourdieu, P. (1994). Raison pratique. Dans *Raisons pratiques : sur la théorie de l'action*. Paris : Éditions Points. 9-57.

Bradshaw, G. A. et Borchers, J. G. (2000). Uncertainty as information: narrowing the science-policy gap. *Conservation ecology, 4*(1).

Brandão, M., Clift, R., Cowie, A. et Greenhalgh, S. (2014). The Use of Life Cycle Assessment in the Support of Robust (Climate) Policy Making: Comment on "Using Attributional Life Cycle Assessment to Estimate Climate- Change Mitigation…". *Journal of Industrial Ecology, 18*(3), 461-463.

Brander, M., Burritt, R. L. et Christ, K. L. (2019). Coupling attributional and consequential life cycle assessment: A matter of social responsibility. *Journal of Cleaner Production, 215*, 514-521.

Bras-Klapwijk, R. M. (1998). Are life cycle assessments a threat to sound public policy making?. *The International Journal of Life Cycle Assessment, 3*(6), 333-342.

Broca, S. (2018). Matière et territoire dans la culture du logiciel libre. *Géographie, économie, société*, *20*(1), 15-32.

Brooks, S., Leach, M., Lucas, H. et Millstone, E. (2009). *Silver Bullets, Grand Challenges and the New Philanthropy: STEPS Working Paper 24*. Brighton : STEPS Centre.

Brown, J. K., Downey, G. L. et Diogo, M. P. (2009). The Normativities of Engineers: Engineering Education and History of Technology. *Technology and Culture*, *50*(4), 737-752.

Bruni, A. (2005). Shadowing software and clinical records: on the ethnography of non-humans and heterogeneous contexts. *Organization*, *12*(3), 357-378.

Buch, A. (2012). Governing Engineering. *Engineering, Development and Philosophy: American, Chinese and European Perspectives*, S. H. Christensen *et al*. (dir.) Dordrecht : Springer, 169-182.

Buchanan, R. A. (1986). The Diaspora of British Engineering. *Technology and Culture*, *27*(3), 501-524.

Callon, M. (1981). Pour une sociologie des controverses socio-techniques. Dans Akrich, M., Callon, M. et Latour,B. (2006), *Sociologie de la traduction : textes fondateurs*, 135-157. Paris : Presse de l'École des Mines de Paris.

Callon, M. (1986). Éléments pour une sociologie de la traduction : la domestication des coquilles Saint-Jacques et des marins-pêcheurs dans la baie de Saint-Brieue. *L'année de la sociologie, 36*, 179-208.

Callon, M. (2001). Sociologie de l'acteur-réseau. Dans Akrich, M. Callon, M. et Latour, B. (2006), *Sociologie de la traduction : textes fondateurs*, 267-275. Paris : Presse de l'École des Mines de Paris.

Callon, M., Lascoumes, P. et Barthe, Y. (2001). *Agir dans un monde incertain : essai sur la démocratie technique*. Paris : Seuil.

Callon, M. et Latour, B. (1981). Le grand Léviathan s'apprivoise-t-il? Dans Akrich, M., Callon, M. et Latour, B. (2006), *Sociologie de la traduction : textes fondateurs*, 11-32. Paris : Presse de l'École des Mines de Paris.

Caprotti, F. *et al*. (2017). The New Urban Agenda: key opportunities and challenges for policy and practice. *Urban research & practice*, *10*(3), 367-378.

Case, J. M. (2017). The historical evolution of engineering degrees: competing stakeholders, contestation over ideas, and coherence across national borders. *European Journal of Engineering Education*, *42*(6), 974-986.

Case, J. M., Fraser, D. M., Kumar, A. et Itika, A. (2016). The significance of context for curriculum development in engineering education: a case study across three African countries. *European Journal of Engineering Education*, *41*(3) 279-292.

Castells, M. (2003). The Cultural Crisis of Engineering in the Information Age: Rosalind Williams, "Retooling". *Technology and Culture*, *44*(3), 586-590.

Castells, M. (2010). Prologue: The Net and the Self. Dans *The Rise of the Network Society* (2e éd.). Royaume-Uni : Wiley-Blackwell Publishing. 1-27.

Ceruzzi, P. E. (2005). Moore's Law and Technological Determinism: Reflections on the History of Technology. *Technology and Culture*, *46*(3), 584-593.

Chandler, Jr, A. D. (1988). *La main visible des managers, une analyse historique*. Paris : Economica.

Chandler, Jr., A. D. (1977). *The Visible Hand: The Managerial Revolution in American Business*. Cambridge : Harvard University Press.

Chia, R. et A. Nayak (2017). Circumventing the Logic and Limits of Representation: *Otherness* in East–West Approaches to Paradox. Dans: Smith, W. K., M. W. Lewis, P. Jarzabkowski, and A. Langley (eds). *The Oxford Handbook of Organizational Paradox*. London, England: Oxford University Press, 125-140.

Choay, F. (1965). *L'urbanisme: utopies et réalités : une anthologie*. Seuil, Paris.

Choay, F. (1980). *La règle et le modèle : sur la théorie de l'architecture et de l'urbanisme*. Seuil, Paris.

Choay, F. (1994). *Le règne de l'urbain et la mort de la ville. La ville. Art et Architecture*. Paris : Centre George Pompidou.

Choay, F. (2006). L'utopie aujourd'hui, c'est retrouver le sens du local. Entrevue réalisée par le *Réseau des territorialistes.* Accessible en ligne : < http://www.reseau-territorialistes.fr/wp-content/uploads/2016/02/sens-local-Choay-2-2.pdf >

Christensen, C. M. (1997). *The Innovator's Dilemma*. Boston : Harvard Business School Press.

Christensen, S. H., Didier, C., Jamieson, A., Meganck, M., Mitcham, C. et Newberry, B. (2015). General Introduction - The Engineering- Context Nexus: A Perennial Discourse. Dans *International Perspectives on Engineering: Education Engineering Education and Practice in Context*, S. H. Christensen *et al*. (dir.). Dordrecht : Springer, *1*, xix-xxxiv.

Christensen, S. H., Mitcham, C., Li, B. et An, Y. (2012). Preface. Dans *Engineering, Development and Philosophy: American, Chinese and European Perspectives*, S. H. Christensen *et al*. (dir.). Dordrecht : Springer, v-x.

Clos, J. (2017). Introduction, dans *ONU-Habitat, 2016. Urbanization and Development: Emerging Futures. The World Cities Report 2016 (full version).* Kenya : ONU-Habitat, iv-v.

Cohen, M. A. (2012). Reinventing the Future Designing Urban 3.0. *Harvard International Review*, *34*(1), 52-57.

Cohen, M. J. et Howard, J. (2006). Success and its price: the institutionalization and political relevance of industrial ecology. *Journal of Industrial Ecology, 10*(1-2), 79-88.

Commission des titres d'ingénieur (CTI). (2016). *Note sur la politique internationale de la CTI : période 2016-2018.* Paris, France. Récupéré de : < https://www.cti-commission.fr/wp-content/uploads/2017/03/CTI_Politique_Internationale_2016-2018.pdf >

Corley, K. G. et Gioia, D. A. (2004). Identity ambiguity and change in the wake of a corporate spin-off. *Administrative science quarterly, 49*(2), 173-208.

Coutant, A. (2015, juin). Les approches sociotechniques dans la sociologie des usages en SIC. *Revue française des sciences de l'information et de la communication* [En ligne].

Crofton, F. S. (1995). *Sustaining Engineering: Rationale and directions for preparing engineers for sustainable development.* Doctoral dissertation. Theses (Faculty of Education/Simon Fraser University). 1-15 et 126-145.

Cutcliffe, S. H. (1990). The STS Curriculum: What Have We Learned in Twenty Years?. *Science, Technology, & Human Values, 15(*3) (Summer, 1990), 360-372.

d'Iribarne, P. (1989). *La logique de l'honneur : gestion des entreprises et traditions nationales*. Paris : Seuil.

Dafoe, A. (2015). On Technological Determinism: A Typology, Scope Conditions, and a Mechanism. *Science, Technology, & Human Values*, *40*(6), 1047-1076.

Dahlström, P., Desmet, D. et Singer, M. (2017). The seven decisions that matter in a digital transformation: A CEO's guide to reinvention. *Digital McKinsey article (Feb 2017)*.

Dale, B. E. et Kim, S. (2014). Can the Predictions of Consequential Life Cycle Assessment Be Tested in the Real World? Comment on "Using Attributional Life Cycle Assessment to Estimate Climate Change Mitigation." *Journal of Industrial Ecology*, *18*(3), 466-467.

Daudt, J. (2007). Attracting and retaining female students. Dans *Re-engineering Engineering Education in Europe*, C. Borri & Franscesco Maffioli (dir,). Florence : Firenze University Press. 23-29.

de Certeau, M. (1984). *The Practice of Everyday Life.* Berkeley : University of California Press.

de Certeau, M. (1990). « Introduction générale », « Chapitre IV : Foucault et Bourdieu », « Indéterminées. » Dans *L'invention du quotidien I: Art de faire*, Paris : Gallimard, XXXV-LII, 75-96, 291-296.

de Figueiredo, A. D. (2014). De la nature historique des pratiques d'ingénierie. *Revue d'anthropologie des connaissances*, *8*(2), 245-278.

de Graaff, E. (2014). Research versus educational practice: positioning the European Journal of Engineering Education. *European Journal of Engineering Education*, *39*(1), 1-6.

de Graaff, E., et Lohmann, J. R.. (2008). Advancing the global capacity for engineering education research (AGCEER): A year of international dialogue. Dans *Proceedings, SEFI 36th Annual Conference*. Aalborg, Denmark.

de Haes, H. A. U. et Jolliet, O. (1999). How does iso/dis 14042 on life cycle impact assessment accommodate current best available practice?. *The international journal of life cycle assessment*, *4*(2), 75-80.

Debrune, J. (2001). Le système de la méditerranée de Michel Chevalier. *Confluences Méditerranée*, *1*(36), 187-194.

Denis, J.L., Dompierre, G., Langley, A. et Rouleau, L. (2011). Escalating Indecision: Between Reification and Strategic Ambiguity. *Organization Science, 22*(1), 225–244.

Denis J.L., Langley A. et Rouleau L. (2007). Strategizing in pluralistic contexts: Rethinking theoretical frames. *Human Relations, 60*(1), 179-215.

Déry, R. (2009). *La modernité.* Montréal : Éditions JFD.

Déry, R., Pezet, A. et Sardais, C. (2015). Introduction au management. Dans *Le management*. Montréal : Éditions JFD. 1-67.

Deuleuze, G. (1989). Qu'est-ce qu'un dispositif?. Dans *Michel Foucault philosophe. Rencontre internationale. Paris, 9, 10, 11 janvier 1988.* Paris : Seuil. 185-195.

Dodgson, M., Gann, D. M. et Salter, A. (2007). The Impact of Modelling and Simulation Technology on Engineering Problem Solving. *Technology Analysis & Strategic Management, 19*(4), 471-489.

Downey, G. L. (2005). "Are Engineers Losing Control of Technology? From 'Problem Solving' to 'Problem Definition and Solution' in Engineering Education." *Chemical Engineering Research and Design, 83*(A6), 583–595.

Downey, G. L. (2007). Low Cost, Mass Use: American Engineers and the Metrics of Progress. *History and Technology 23*(3), 289–308.

Downey, G. L. (2009). What is Engineering Studies for? Dominant Practices and Scalable Scholarship. *Engineering Studies 1*(1), 55-76.

Downey, G. L. (2011). The Border Crossers: Personal Geographies of International and Global Engineering Educators. Dans *What is Global Engineering Education For? The Making of International Educators (Parts I and II)*, G. L. Downey et K. Beddoes (dir.). Williston : Morgan & Claypool. 3-44.

Downey, G. L. (2012). The Local Engineer: Normative Holism in Engineering Formation. Dans *Engineering, Development and Philosophy: American, Chinese and European Perspectives*, S. H. Christensen *et al.* (dir.). Dordrecht : Springer. 233-252.

Downey, G. L. (2014). The Normative Contents of Engineering Formation: Engineering Studies. Dans *Cambridge Handbook of Engineering Education Research*, A. Johri et B. M. Olds (dir.). New York : Cambridge University Press. 693-711.

Downey, G. L. *et al*. (2006). The Globally Competent Engineer: Working Effectively with People Who Define Problems Differently. *Journal of Engineering Education*, *95*(2), 107-122.

Downey, G. L. et Beddoes, K. (dir.). (2011). *What is Global Engineering Education For? The Making of International Educators (Parts I and II).* Williston : Morgan & Claypool.

Downey, G. L. et Lucena, J. C. (2004). Knowledge and professional identity in engineering: code-switching and the metrics of progress. *History and Technology*, *20*(4), 393-420.

Dreyfus, H. L. et Wrathall, M. A. (dir.) (2005). Heidegger: An Introduction to his Thought, Work and Life. Dans *A Companion to Heidegger*. Oxford : Blackwell Publishing. 1-16.

Dreyfus, H. L. et Wrathall, M. A. (dir.). (2005). *A Companion to Heidegger*. Oxford : Blackwell Publishing.

Dubourg Glatigny, P. et Vérin, H. (dir.). (2008). *Réduire en art: La technologie de la Renaissance aux Lumières*. Paris : Éditions de la Maison des sciences de l'homme.

Dumouchel, P. et Dupuy, J.-P. (dir.). (1983). Ouverture. Dans *L'auto-organisation, de la physique au politique*. Colloque de Ciséry, Paris : Seuil, 13-25.

Dupuy J. P. (2009). La crise et le sacré, *Études 410*(3), 341-352.

Dupuy J.-P. (2002). *Pour un catastrophisme éclairé : quand l'impossible devient certain.* Paris : Seuil.

Dupuy, J.-P. (2000). *The mechanization of the mind: On the Origins of Cognitive Science*. Princeton : Princeton University Press.

Dupuy, J.-P. (2004). Quand les technologies convergeront. *Revue du MAUSS*, *1*(23), 408-417.

Dupuy, J.-P. (2010). *La marque du sacré*. Paris : Flammarion.

Dupuy, J.-P. (2012). The precautionary principle and enlightened doomsaying. *Revue de métaphysique et de morale*, *4*, 577-592.

Eco, U. (1965). Ouverture, information, communication. Dans *L'œuvre ouverte.* Paris : Seuil. 69-114.

Ehrenfeld, J. R. (1997). The importance of LCAs—warts and all. *Journal of Industrial Ecology, 1*(2), 41-49.

Ehrenfeld, J. R. (2004). Can industrial ecology be the "science of sustainability*"?. Journal of Industrial Ecology, 8*(1- 2), 1-3.

Ehrenfeld, J. R. (2006). Advocacy and objectivity in industrial ecology. *Journal of Industrial Ecology, 10*(4), 1-4.

Ehrenfeld, J. R. (2007). Would industrial ecology exist without sustainability in the background?. *Journal of Industrial Ecology, 11*(1), 73-84.

Elias, J. (2013). Davos Woman to the Rescue of Global Capitalism: Postfeminist Politics and Competitiveness Promotion at the World Economic Forum. *International Political Sociology, 7*(2), 152-169.

Ellul, J. (1977). *Le système technicien*. Paris : Calmann-Lévy.

Ellul, J. (1990). « La technique » et « Caractériologie de la technique ». Dans *La technique ou l'enjeu du siècle* [1954]. Paris : Économica, 1-55 et 56-135.

Ellul, J. (1998). « Les successeurs ». Dans *Métamorphose du bourgeois* [1968]. Paris: La table ronde, 189-233.

Ensmenger, N. L. (2003). Letting the "computer boys" take over: Technology and the politics of organizational transformation. *International Review of Social History, 48*(S11), 153-180.

Eva, K. W. (2008). On the Limits of Systematicity. *Medical Education 42*(9), 852-853.

FEM (2009). *The World Economic Forum: A Partner in Shaping History. The First 40 Years (1971 – 2010)*. Genève : The World Economic Forum.

Fenwick, M., Vermeulen, E., Kaal, W. A. (2016). Regulation Tomorrow: What Happens When Technology is Faster than the Law? *TILEC Working paper.* Tilburg University. ISSN 1572-4042.

Fernandes, A. S. C. (2004). To Teach Engineering Value: An Introduction to a Special Issue. *European Journal of Engineering Education 29*(3), 315-331.

Fernandez, L. (2006). Combating Educational Somnambulism in the Information Age. *Peer Review, 8*(4, 8-11.

Ferraro, F., Etzion, D. Gehman, et J. (2015). Tackling grand challenges pragmatically: Robust action revisited. *Organization Studies 36*(3), 363-390.

Finnveden, G. (2000). On the limitations of life cycle assessment and environmental systems analysis tools in general. *The International Journal of Life Cycle Assessment, 5*(4), 229.

Flaming, D., Haydamack, B. et Joassart-Marcelli, P. (2005). Hopeful Workers, Marginal Jobs: LA's Off-the-Books Labor Force. *Economic Roundtable Research Report*, Los Angeles : Economic Roundtable. En ligne : < https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2772272 >

Florman, S. C. (1994). *Existential Pleasures of Engineering*. (2e éd.) New York : St Martin's Press.

Folco, J. D. (2017). *À nous la ville! Traité de municipalisme*. Montréal : Écosociété.

Frank, B., N. Simper et Kaupp, J. (2018). Formative feedback and scaffolding for developing complex problem solving and modelling outcomes. *European Journal of Engineering Education, 43*(4), 552-568.

Freidberg, S. (2015). It's complicated: Corporate sustainability and the uneasiness of life cycle assessment. *Science as Culture, 24*(2), 157-182.

Frosch, R. A. et Gallopoulos, N. E. (1989). Strategies for manufacturing. *Scientific American, 261*(3), 144-152.

Froyd, J. E. et Lohmann, J. R. (2014). Chronological and Ontological Development of Engineering Education as a Field of Scientific Inquiry. Dans *Cambridge Handbook of Engineering Education Research*, A. Johri et B. M. Olds (dir.). New York : Cambridge University Press. 3-26.

Funtowicz, S. O. et Ravetz, J. R. (1990). *Uncertainty and quality in science for policy (Vol. 15).* Berlin-Heidelberg, Germany: Springer Science & Business Media.

Funtowicz, S. O. et Ravetz, J. R. (1993). Science for the post-normal age. *Futures, 25*(7), 739-755.

Gabriele, G. A. (2005). Advancing Engineering Education in a Flattened World. *Journal of Engineering Education, 94*(3), 285-286.

Gendron, C., Ivanaj, S., Girard, B. et Arpin, M.-L. (2017). Science-fiction literature as inspiration for social theorizing within sustainability research. *Journal of Cleaner Production, 164*, 1553-1562.

George, G., Howard-Grenville, J., Joshi, A. et Tihanyi, L. (2016). Understanding and Tackling Societal Grand Challenges through Management Research. *Academy of Management Journal, 59*(6), 1880–1895.

Gibbons, M., Limoges, C., Nowotny, H., Schwartzman, S., Scott, P. et Trow, M. (1994). *The new production of knowledge: The dynamics of science and research in contemporary societies.* Londres : Sage Publications.

Giddens, A. (1994). Introduction. Dans : *Les conséquences de la modernité.* Paris : L'Harmattan, 11-60.

Gloria, T., Guinée, J., Kua, H. W., Singh, B. et Lifset, R. (2017). Charting the future of life cycle sustainability assessment: A special issue. *Journal of Industrial Ecology, 21*(6), 1449-1453.

Godfrey, E. et Parker, L. (2010). Mapping the Cultural Landscape in Engineering Education. *Journal of Engineering Education, 91*(1), 5-22.

Gioia, D. A., K. G. Corley & A. L. Hamilton (2012). Seeking Qualitative Rigor in Inductive Research: Notes on the Gioia Methodology. *Organizational Research Methods, 16*(1), 15-31.

González Rivera, R. A., Cortés-Rico, L., Pérez-Bustos, T. et Franco-Avellaneda, M. (2016). Embroidering engineering: a case of embodied learning and design of a tangible user interface. *Engineering Studies, 8*(1), 48-65.

Gossé, M. (2000). La crise mondiale de l'urbanisme. Quels modèles urbains? *Les annales de la recherche urbaine, 86*(1), 85-91.

Graedel, T. E. et Lifset, R. J. (2016). Industrial ecology's first decade. Dans *Taking Stock of Industrial Ecology*. Cham, Switzerland : Springer. 3-20.

Graham, R. (2012). *Achieving Excellence in Engineering Education: the Ingredients of Successful Change.* Londres : The Royal Academy of Engineering.

Graham, R. (2018). *The Global State of the Art in Engineering Education.* Cambridge : Massachusetts Institute of Technology.

Graz, J.-C. (2003). How Powerful are Transnational Elite Clubs? The Social Myth of the World Economic Forum. *New Political Economy, 8*(3), 321-340.

GTAI. (2014). *Industry 4.0: Smart Manufacturing for the future* [pamphlet type]. Berlin : Germany Trade and Invest.

Guinée, J. (2016). Life cycle sustainability assessment: what is it and what are its challenges?. Dans *Taking stock of industrial ecology*. Cham, Suisse : Springer. 45-68.

Guinée, J. B., Cucurachi, S., Henriksson, P. J. et Heijungs, R. (2018). Digesting the alphabet soup of LCA. *The International Journal of Life Cycle Assessment, 23*(7), 1507-1511.

Guldi, J. (2016). A History of the Participatory Map. *Public Culture, 29*(1), 79-112.

Guldi, J. (2018). Global Questions About Rent and the Longue Durée of Urban Power, 1848 to the Present. *New Global Studies, 12*(1), 37-63.

Haas, P. M. (1992). Introduction: epistemic communities and international policy coordination. *International organization, 46*(1), 1-35.

Hamilton, S. (2014). Agribusiness, the Family Farm, and the Politics of Technological Determinism in the Post–World War II United States. *Technology and Culture, 55*(3), 560-590.

Hammer, M. (1990). Reengineering Work: Don't Automate, Obliterate. *Harvard Business Review, 68*(4), 104-112.

Hammer, M. et Champy, J. (1993). *Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution.* New York : Harper Collins Publishers.

Hansell, G. R. et Grassie, W. (dir.). (2011). *H+/H-: Transhumanism and its Critics*. Philadelphia : Metanexus Institute.

Hapgood, F. (1993). Up the infinite corridor: MIT and the technical imagination. *CIO, 6*(16), 18.

Hardré, P. et Siddique, Z. (2013). SUCCESS in Engineering Education: Apply an ID Motivational Framework to Promote Engagement and Innovation. *The Journal of Applied Instructional Design, 3*(2), 7-20.

Harris, R. (2017). Modes of Informal Urban Development: A Global Phenomenon. *Journal of Planning Literature*. 1-20.

Harrison, D. et Laberge, M. (2002). Innovations, identities and resistance: the social construction of an innovation network. *Journal of Management Studies, 39*(4), 497-521.

Harwood, J. (2006). Engineering Education between Science and Practice: Rethinking the Historiography. *History and Technology, 22*(1), 53-79.

Hayek, F. (1990). « Kosmos » et « taxis ». Dans : *Droit, législation et liberté, volume 1 : règle et odre*. Paris : Presses Universitaires de France, 41-64.

Healy, S. (2003). Epistemological pluralism and the 'politics of choice'. *Futures, 35,* 689-701.

Healy, S. (2008). Toward an epistemology of public participation. *Journal of Environmental Management, 90,* 1644-1654.

Heidegger, M. (1977). *The Question Concerning Technology and Other Essays*. New York : Garland Publishing.

Herdman, R. C. et Jensen, J. E. (1997). The OTA story: The agency perspective. *Technological Forecasting and Social Change, 54*(2–3), 131-143.

Herman, G. L. et Lowenstein, J. (2017). Evidence-Based Change Practices. *Journal of Engineering Education, 106*(1), 4-13.

Hertwich, E. (2014). Understanding the climate mitigation benefits of product systems: comment on "using attributional life cycle assessment to estimate climate- change mitigation…". *Journal of Industrial Ecology, 18*(3), 464-465.

Hertwich, E. G. et Hammitt, J. K. (2001). A decision-analytic framework for impact assessment. *The International Journal of Life Cycle Assessment, 6*(5), 265.

Hertwich, E. G., Hammitt, J. K. et Pease, W. S. (2000). A theoretical foundation for life- cycle assessment: Recognizing the role of values in environmental decision making. *Journal of Industrial Ecology, 4*(1), 13-28.

Heyl, B. S. (2001). Ethnographic interviewing. *Handbook of ethnography*, 369-383.

Hirschheim, R. et Klein, H. K. (2012). A Glorious and Not-So-Short History of the Information Systems Field. *Journal of the Association for Information Systems, 13*(4), 188-235.

Hoffer, R. (2007). Promoting higher EE in Europe, Dans *Re-engineering Engineering Education in Europe*, C. Borri et Franscesco Maffioli (dir.). Florence : Firenze University Press. 20-22.

Hofstetter, P. (2002). The value debate: ecodesign in a global context are there differences in global values and do they matter?. *The International Journal of Life Cycle Assessment, 7*(2), 62-63.

Holden, E. et Norland, I. T. (2005). Three challenges for the compact city as a sustainable urban form: household consumption of energy and transport in eight residential areas in the greater Oslo region. *Urban studies, 42*(12), 2145-2166.

Holland, J. (2014). Tale of Two Cities: New York Has Become the Capital of Inequality. BillMoyers.com. Accessible en ligne: < https://billmoyers.com/2014/09/18/tale-of-two-cities-new-york-has-become-the-capitol-of-inequality/ >, page visitée le 17 avril 2019.

Hurlbut, J. B. et Tirosh-Samuelson, H. (dir.). (2016). *Perfecting Human Futures: Transhuman Visions and Technological Imaginations*. Hessen : Springer.

Ihde, D. et Malafouris, L. (2018). *Homo faber Revisited: Postphenomenology and Material Engagement Theory.* Not paginated.

Ingold, T. (2003). *Key debates in anthropology*. Londres : Routledge.

Jackson, B. (2001). Michael Hammer, James Champy and the reengineering movement. Dans *Management gurus and management fashions*. New York : Routledge. 71-93.

James, W. (2009). The dilemma of determinism [1884]. Dans Jame, W. (2009)[1896]. *The Will to Believe and Other Essays in Popular Philosophy*, The Project Gutenberg: < >, paragraphs 145-183. Online: < >

Jantsch, E. (1972). Towards interdisciplinarity and transdisciplinarity in education and innovation. Dans *Interdisciplinarity: Problems of teaching and research in universities*. OECD. 97-121.

Jarosz J. P. et Busch- Vishniac, I. J. (2006). A Topical Analysis of Mechanical Engineering Curricula. *Journal of Engineering Education 95*(3), 241-248.

Jarrige, F. (2005). Des machines à l'infini : le communisme icarien et l'imaginaire utopique des techniques (1830-1848). *Hypothèses, 1*, 199-208.

Jarrige, F. (2007). Genèse d'une utopie technologique au XIXe siècle. *EcoRev', 25*(1). En ligne < http://ecorev.org/spip.php?article609 >.

Jarrige, F. (2009). Au temps des « tueuses de bras ». Les bris de machines et la genèse de la société industrielle (France, Angleterre, Belgique, 1780-1860). *Revue d'histoire du XIXe siècle*, Thèses et HDR soutenues, mis en ligne le 10 février 2009 [En ligne] : < http://rh19.revues.org/index3835.html > 1-6.

Jarrige, F. (2009). Au temps des tueuses de bras: les bris de machines à l'aube de l'ère industrielle. Rennes : Presse universitaire de Rennes (PUR). 9-52 et 277-306.

Jarzabkowski, P. (2005). *Strategy as practice: An activity based approach*. Londres : Sage.

Jesiek, B. K. et Jamieson, A. (2017). The Expansive (Dis)Integration of Electrical Engineering Education. *IEEE Access, 5*, 4561-4573.

Jesiek, B. K., Borrego, M. et Beddoes, K. (2010). Advancing global capacity for engineering education research: relating research to practice, policy and industry. *European Journal of Engineering Education, 35*(2), 117-134.

Jesiek, B. K., Zhu, Q., Woo, S. E., Thomson, J. et Mazzurco, A. (2014). Global Engineering Competency in Context: Situations and Behaviors. *Online Journal for Global Engineering Education, 8*(1), Article 1.

Joffroy, P. (2017). L'association. Système B, comme Bidonville. *Urbanisme, 406*, 43.

Johri, A. et Jesiek, B. K. (2014). Global and International Issues in Engineering Education. Dans *Cambridge Handbook of Engineering Education Research*, A. Johri & B. M. Olds (dir.). New York : Cambridge University Press. 655-672.

Jonas, H. (1979). *Le principe de responsabilité.* Frankfurt. 1-20.

Jones P. M. (2011). Becoming an engineer in industrialising Great Britain circa 1760–1820. *Engineering Studies, 3*(3), 215-232.

Jorland, G. (1994). Hélène Vérin, La gloire des ingénieurs. L'intelligence technique du XVIe au XVIIIe siècle. Annales. *Histoire, Sciences Sociales, 49*(4), 918-920.

Jouët J. (2000). Retour critique sur la sociologie des usages. Dans *Réseaux, 18*(100), 487-521.

Kabo, J., Day, R. J. F. et Bailie, C. (2009). Engineering and Social Justice: How to help students cross the threshold. *Practice and Evidence of Scholarship of Teaching and Learning in Higher Education, 4*(2), 126-146.

Kitchin, R. (2013). Big data and human geography: Opportunities, challenges and risks. *Dialogues in human geography, 3*(3), 262-267.

Kitchin, R. (2014). The real-time city? Big data and smart urbanism. *GeoJournal, 79*(1), 1-14.

Klein, J. T. (2014). Discourses of transdisciplinarity: looking back to the future. *Futures, 63*, 68-74.

Klein, R. et Chamberlin, W. F. (1960). The Figurative Thought of the Renaissance. *Diogenes, 8*(32), 107-123.

Klöpffer, W. (1998). Subjective is not arbitrary. *The International Journal of Life Cycle Assessment, 3*(2), 61-62.

Kohn Rådberg, K., Lundqvist, U., Malmqvist, J. et Svensson, O. H. (2018). From CDIO to challenge-based learning experiences – expanding student learning as well as societal impact? *European Journal of Engineering Education, 43*.

Lagesen, V. A. et Sørensen, K. H. (2009). Walking the line? The enactment of the social/technical binary in software engineering. *Engineering Studies, 1* (2), 129-149.

Landry, J.-M. (2006. La Violence symbolique chez Bourdieu. *Aspects sociologiques*, 13(1), 85-92.

Langley, A. (1999). Strategies for theorizing from process data. *Academy of Management review, 24*(4), 691-710.

Larivière, V. et Gingras, Y. (2014). Measuring interdisciplinarity. Dans B. Cronin et C. R. Sugimoto (dir.). *Beyond Bibliometrics. Harnessing Multidimensional Indicators of Scholarly Impact*. Boston : The MIT Press. 187-200.

Larrère, C. (2003). Le principe de précaution et ses critiques. *Innovations*, (2), 9-26.

Latour, B. (1994). *Nous n'avons jamais été modernes : Essai d'anthropologie symétrique*. Paris : Éditions La Découverte.

Latour, B. (2009). Spheres and Networks. Two ways to reinterpret globalization. *Harvard Design Magazine, 30*, 138-144.

Law, J. et Callon, M. (1988). Engineering and Sociology in a Military Aircarft Project: A Network Analysis of Technological Change. *Social Problems, 35*(3), Special Issue: The Sociology of Science and Technology, 284-297.

Le Moigne, J.-L. (2012). *Les épistémologies constructivistes*. Paris : Presses universitaires de France, Que sais-je?

Lessig, L. (2006, 25 octobre). CC Values [Billet de blogue]. Récupéré de *Creative Commons*, < https://creativecommons.org/2006/10/25/ccvalues-2/ >

Lewis, M. (2014). *Flash Boys: A Wall Street Revolt*. Kindle Edition.

Lewis, M. W. (2000). Exploring Paradox: Toward a More Comprehensive Guide. *Academy of Management Review, 25*(4), 760-776.

Lin, W. 2009. Problematizing the Experts: The One-Dimensional Engineering understanding of the Users and its Contextual Frameworks, East Asian Science. *Technology and Society: an International Journal, 3*, 73–90.

Lipovetsky, G. (2004). Temps contre temps ou la société hypermoderne. Dans G. Lipovetsky et S. Charles (dir.), *Les temps hypermodernes*, Paris : Grasset. 49-100.

Lipovetsky, G. et Serroy, J. (2013). *L'esthétisation du monde : vivre à l'âge du capitalisme artiste*. Paris : Gallimard.

Lohmann, J. R. (2008). A rising global discipline. *Journal of Engineering Education 97*(3), 227-230.

Lucena, J., Downey, G., Jesiek, B. et Elber, S. (2008). Competencies beyond countries: The re- organization of engineering education in the United States, Europe, and Latin America. *Journal of engineering education, 97*(4), 433-447.

Lucky, R. W. (2016). The ever-evolving field of electrical engineering [Reflections]. *IEEE Spectrum, 53*(11), 27-27. Online at: < https://spectrum.ieee.org/at-work/tech-careers/the-everevolving-field-of-electrical-engineering >.

Lundgreen, P. (1990). Engineering education in Europe and the USA, 1750–1930: The rise to dominance of school culture and the engineering professions. *Annals of science 47*(1), 33-75.

Malherbe, J.-F. (1999). La logique des compromis, des dilemmes et des paradoxes en éthique clinique. Dans J.-F. Malherbe (dir.), *Compromis, dilemmes et paradoxes en éthique clinique*, Montréal : Fides. 96-132.

Malmqvist, J., Kohn Rådberg, K. et Lundqvist, U. (2015). Comparative analysis of challenge-based learning experiences. Dans *Proceedings of the 11th International CDIO Conference.* Chengdu University of Information Technology : Chengdu, Sichuan, PR China.

Matos, S. M., Riley, D. et Akera, A. (2017). WannABET? Historical and Organizational Perspectives on Governance in Engineering Education. Dans *ASEE Annual Conference & Exposition.* Columbus, Ohio.

Mattelart, A. (2008). Chapitre VII - La fracture : pour une critique du globalisme. Dans *La mondialisation de la communication*. Paris : Presses Universitaires de France. 103-120.

Mattelart, A. (2009). *Histoire de la société de l'information* (4e éd.) Paris : La Découverte.

Matthews, H. S. et Lifset, R. (2007). The Life- Cycle Assessmentv and Industrial Ecology Communities. *Journal of Industrial Ecology, 11*(4), 1-4.

McGrath, C. H. *et al.* (2014). *The international dimension of research and innovation cooperation addressing the grand challenges in the global context*.

Merleau-Ponty, M. (1964). *L'Œil et l'Esprit*. Paris : Éditions Gallimard.

Merleau-Ponty, M. (2006). *La structure du comportement*. (3e éd.) Paris : Presse universitaire de France.

Milburn, C. (2015). *Mondo Nano: Fun and Games in the World of Digital Matter.* Durham : Duke University Press.

Mitcham, C. (2009a). A historico-ethical perspective on engineering education: from use and convenience to policy engagement. *Engineering Studies*, *1*(1), 35-53.

Mitcham, C. (2009b). A philosophical inadequacy of engineering, *The Monist 92*(3), 339-356.

Mitcham, C. 2013). How The Technological Society Became More Important in the United States than in France. Dans *Jacques Ellul and the Technological Society in the 21st Century*, xxx (dir.). New York : Springer. 3-26.

Mitcham, C. (2014a). Perspective: The True Grand Challenge for Engineering: Self-Knowledge. *Issues in Science and Technology*, *XXXI*(1). Online: < http://issues.org/31-1/perspectives-the-true-grand-challenge-for-engineering-self-knowledge/ >

Mitcham, C. (2014b). The true grand challenge for engineering: Self-knowledge. *Issues in Science and Technology*, *31*(1), 19.

More, T. (1997). *L'Utopie*. Paris : J'ai lu.

Moreno, E., Arimah, B., Otieno, R. O., Mbeche-Smith, U., Klen-Amin, A. et Kamiya, M. (2016). *Urbanization and Development: Emerging Futures: World Cities Report 2016*. United Nations Human Settlements Programme, UN-Habitat.

Moriconi-Ebrard, F. (1993). L'urbanisation du monde de 1950 à 1990 d'après une définition harmonisée des agglomérations urbaines. *Doctoral dissertation*, Paris 1.

Morin, E. (1986). Introduction générale. Dans *La méthode 3. La connaissance de la connaissance.* Paris : Points. 9-30.

Morozov, E. (2013). *To Save Everything, Click Here: The Folly of Technological Solutionism*. New York : Public Affairs.

Moscovici, S. (1989). Des représentations collectives aux représentations sociales : problèmes et perspectives. Dans Jodelet, D. (dir.), *Les représentations sociales*, Paris : Presse Universitaires de France.

Mote, C. D., Dowling, D. A. et Zhou, J. (2016). The Power of an Idea: The International Impacts of the Grand Challenges for Engineering. *Engineering*, *2*(1), 4-7.

Musso, P. (2006). Introduction et Conclusion : le triomphe de la religion industrielle. Dans *La religion du monde industrielle : analyse de la pensée de Saint-Simon*. Paris : Éditions de l'Aube. 9-15 et 283-286.

Musso, P. (2007). Utopies et idéologies des réseaux. *EcoRev', 25*(1). En ligne < http://ecorev.org/spip.php?article610 >.

Musso, P. (2010). De la socio-utopie à la techno-utopie. *Manière de voir*, 112, 6-10.

Musso, P. (2017). Chapitre introductif. Dans *La religion industrielle: Monastère, manufacture et usine. Une généalogie de l'entreprise*. Fayard. 1-101.

Naess, P. (2016). Urban Planning: Residential Location and Compensatory Behaviour in Three Scandinavian Cities. Dans *Rethinking climate and energy policies: New perspectives on the rebound phenomenon.* New York : Springer.

NAS (2014). *Convergence: Facilitating Transdisciplinary Integration of Life Sciences, Physical Sciences, Engineering, and Beyond.* Washington : The National Academies.

National Academy of Engineering. (2004). *The engineer of 2020: Visions of engineering in the new century.* Washington : National Academies Press.

National Academy of Engineering. (2008). *Grand challenges for engineering.* Washington : National Academies Press.

Neave, G. (2018). Foreword: A Vision Unspeakable. Dans Peters, M. A., S. Rider, M. Hyvönen, et T. Besley, (dir.). *Post-truth, fake news: Viral modernity & higher education*. Springer, v-x.

Nélisse, C. (1994). La croisée du formel et de l'informel: entre l'État et les partenariats. *Lien social et Politiques,* (32), 179-187.

O'Connell, B. M. (2006). The future of SSIT and the state of the engineering profession, *IEEE Technology and Society Magazine, 25*(4), 40-42.

ONU. (1976). *The Vancouver Declaration on Human Settlements* In the report on the United Nations Conference on Housing and Sustainable Urban Development (Habitat I) in Vancouver, Canada, from May 31st to June 11th 1976 (Habitat I). Vancouver : United Nations.

ONU. (2017). *New Urban Agenda* In the report on the United Nations Conference on Housing and Sustainable Urban Development (Habitat III) in Quito, Ecuador, on 20 October 2016 (Habitat III). Quito : United Nations.

ONU-Habitat. (2004). *Pro Poor Land Management − Integrating Slums into City Planning Approaches*. Nairobi : ONU-Habitat.

ONU-Habitat. (2006). *Analytical Perspective of Pro-poor Slum Upgrading Frameworks*. Nairobi : ONU-Habitat.

ONU-Habitat. (2011). *Building urban safety through slum upgrading*. Nairobi : ONU-Habitat.

ONU-Habitat. (2016). Urbanization and Development: Emerging Futures. *The World Cities Report 2016* (full version). Kenya : UN-Habitat.

O'Reilly III, C. A. et Tushman, M. L. (2004). The Ambidextrous Organization. *Harvard Business Review, 82*(4), 74-81.

Ottelin J., Heinonen J. et Junnila S. (2017). Rebound effect for reduced car ownership and driving. *Nordic Experiences of Sustainable Planning: Policy and Practice*, Kristjansdottir S., Ed. New York : Routledge.

Owens, J. W. (1997). Life cycle assessment: Constraints on moving from inventory to impact assessment. *Journal of industrial ecology, 1*(1), 37-49.

Owens, J. W. (1998). Life cycle impact assessment: The use of subjective judgements in classification and characterization. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, *3*(1), 43-46.

Patil, A. et Gray, P. (2009). *Engineering Education Quality Assurance*. Springer.

Pauliuk, S. et Hertwich, E. G. (2016). Prospective models of society's future metabolism: what industrial ecology has to contribute. Dans *Taking stock of industrial ecology*. Cham, Switzerland : Springer. 21-43.

Picon A. (2015). *Smart cities: a spatialised intelligence*. New York : John Wiley & Sons.

Picon A. (2016). L'avènement de la ville intelligente. *Sociétés*, (2), 9-24.

Picon, A. (2004). Engineers and engineering history: problems and perspectives. *History and Technology*, *20*(4), 421-436.

Pina e Cunha, M. et S. Clegg (2018). Persistence in Paradox. Dans: Farjoun, M., W. Smith, A. Langley, and H. Tsoukas (eds). *Dualities, Dialectics, and Paradoxes in Organizational Life*. London, England: Oxford University Press, 14-34.

Pinch, T. J. et Bijker, W. E. (1987). The Social Construction of Facts and Artifacts: Or How the Sociology of Science and the Sociology of Technology Might Benefit Each Other. Dans Bijker, W. E., Hughes, T. P. et Pinch, T. J. (dir.), *The Social Construction of Technological Systems: New Directions in the Sociology and History of Technology*. Cambridge : The MIT Press, 17-49.

Plevin, R. J., Delucchi, M. A. et Creutzig, F. (2014). Using attributional life cycle assessment to estimate climate- change mitigation benefits misleads policy makers. *Journal of Industrial Ecology, 18*(1), 73-83.

Popper, K. (1972). « Le mythe du cadre de référence. » Dans Bouveresse, Renée (ed.), *Karl Popper et la science aujourd'hui*, Colloque de Cerisy 1er-11 juillet 1981, Paris: Aubier, 1989, pp. 13-41.

Prud'homme J. et Gingras, Y. (2015). Les collaborations interdisciplinaires : raisons et obstacle. *Actes de la recherche en sciences sociales*, *5*(210), 40-49.

Quinn, P. M. (2002). *Qualitative research and evaluation methods.* Thousand Oaks, Californie : Sage Publications.

Rae, J. B. (1991). Engineers are people. Dans T. S. Reynolds (eds), *The Engineer in America: A historical Anthology from Technology and Culture*. Chicago: The University of Chicago Press. 27-41.

Rao, R., Pawley, A. L., Hoffmann, S. R., Cardella, M. E. et Ohland, M. W. (2013). An Ecofeminist Grounded Analysis of Sustainability in Engineering Education: Skill Set, Discipline, and Value. *International Journal of Engineering Education*, *29*(6), 1472-1489.

Raskin, A. (2004). Giving it Away (for Fun and Profit) Creative Commons encourages artists to share and distribute their work for free. And that could be the key to a new multibillion-dollar industry. *Business 2.0 Magazine*, May 1st 2004. Online: < http://money.cnn.com/magazines/business2/business2_archive/2004/05/01/%20368240/index.htm >

Rauch, D. E. et Schleicher, D. (2015). Like Uber, but for local government law: The future of local regulation of the sharing economy. *Ohio State Law Journal*, *76*(4), 901-964.

Ricard, M.-A. (1996). Mimésis et vérité dans l'esthétique d'Adorno. *Laval théologique et philosophique*, *522*, 445–455.

Ricoeur, P. (1974). Science et idéologie. *Revue Philosophique de Louvain*, 4e série, *72*(14), 328-356.

Rifkin, J. (2011). *The Third Industrial Revolution: How Lateral Power is transforming Energy, the Economy, and the World*. New York : Palgrave Macmillan.

Riley, D. (2012). We've been framed! Ends, means, and the ethics of the grand (iose) challenges. *International Journal of Engineering, Social Justice, and Peace*, *1*(2), 123-136.

Riley, D. (2017). Rigor/Us: Building Boundaries and Disciplining Diversity with Standards of Merit. *Engineering Studies*, *9*(3), 249-265.

Rittel, H. W. J. et Webber, M. M. (1973). Planning problems are wicked problems. *Policy sciences*, *4*(2), 155-169.

Ritzer, G., Dean, P. et Jurgenson, N. (2012). The Coming of Age of the Prosumer. *American Behavioral Scientist*, *56*(4), 379-398.

Roco, M C. et Bainbridge, W. S. (2003). *Converging Technologies for Improving Human Performance: Nanotechnology, Biotechnology, Information Technology and Cognitive Science* [Sponsored by the National Science Foundation (NSF), United States Government]. Dordrecht : Springer.

Rolland R. (1914). *Au-dessus de la mêlée*.

Rose, E. (2003). Introduction: Do You Compute? Dans *User Error: Resisting Computer Culture*. Toronto : Between the Lines.

Rossiter, N. (2015). Coded Vanilla: Logistical Media and the Determination of Action. *The South Atlantic Quarterly*, *114*(1), 135-152.

Rouleau, L. (2007). *Théories des organisations : approches classiques, contemporaines et de l'avant-garde*. Québec : Presse de l'Université du Québec.

Rouvroy, A. et Berns, T. (2013). Gouvernementalité algorithmique et perspectives d'émancipation. Le disparate comme condition d'individuation par la relation? *Réseaux*, *177*(1), 163-196.

Roy, A. (2005). Urban informality: toward an epistemology of planning. *Journal of the american planning association*, *71*(2), 147-158.

Russell, B. (1910). *La théorie des types logiques*. Dans : *Revue de Métaphysique et de Morale*, XVIII, 1910. Reproduit avec l'autorisation de Bertrand Russell, pp. 53-83.

Russell, B. (1971). Dans : *Science et religion*. Paris : Folio.

Saives, A.-L., M. Ebrahimi, W. D. Holford, M. G. Bédard. (2017). *Le management réhumanisé*, Montréal : Chenelière Éducation.

Sankar, C. S. et Raju, P. K. (2011). Use of Presage-Pedagogy-Process-Product Model to Assess the Effectiveness of Case Study Methodology in Achieving Learning Outcomes. *Journal of STEM Education: Innovations & Research*, *12*(7).

Sankar, C. S., Kawulich, B., Clayton, H. et Raju, P. K. (2010). Developing Leadership Skills in Introduction to Engineering Courses through Multi-Media Case Studies. *Journal of STEM Education: Innovations & Research, 11*.

Santarius, T., Walnum, H. J. et Aall, C. (2016). *Rethinking climate and energy policies: New perspectives on the rebound phenomenon*. New York : Springer.

Sassen, S. (2003). Globalization or denationalization? *Review of International Political Economy, 10*(1), 1-22.

Sassen, S. (2008). *Territory, authority, rights: From medieval to global assemblages.* Princeton : Princeton University Press.

Sassen, S. (2013). When territory deborders territoriality. *Territory, Politics, Governance, 1*(1), 21-45.

Sassen, S. (2018a). Embedded borderings: making new geographies of centrality. *Territory, Politics, Governance, 6*(1), 5-15.

Sassen, S. (2018b). Researching the Localizations of the Global. Dans Juergensmeyer, M., Sassen, S. et Steger, M.B. (dir.). *The Oxford handbook of global studies*. Oxford University Press. 73-92.

Schad, J., Lewis, M. W., Raisch, S. et Smith, W. K. (2016). Paradox Research in Management Science: Looking Back to Move Forward. *Academy of Management Annals, 10*(1), 5-64.

Schad, J., Lewis, M. W., Smith, W. K. (2019). Quo vadis, paradox? Centripetal and centrifugal forces in theory development. *Strategic Organization, 17*(1), 107–119.

Schandl, H., Müller, D. B. et Moriguchi, Y. (2015). Socioeconomic metabolism takes the stage in the international environmental policy debate: A special issue to review research progress and policy impacts. *Journal of Industrial Ecology, 19*(5), 689-694.

Schmidt, W. P. et Sullivan, J. (2002). Weighting in life cycle assessments in a global context. *The International Journal of Life Cycle Assessment, 7*(1), 5.

Schot, J. et Lagendijk, V. (2008). Technocratic internationalism in the interwar years: building Europe on motorways and electricity networks. *Journal of Modern European History, 6*(2), 196-217.

Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution*. Suisse : The World Economic Forum.

Seely, B. E. (1999). The other re- engineering of engineering education, 1900–1965. *Journal of Engineering Education, 88*(3), 285-294.

Segbers, K. (2007). Introduction: Global Politics and the Making of Global City Regions Dans Segbers K., Raiser S. et Volkmann K., *The Making of Global City Regions: Johannesburg, Mumbai/Bombay, São Paulo and Shanghai.* Baltimore : The Johns Hopkins University Press.

Segrestin, B. et Hatchuel, A. (2012). *Refonder l'entreprise*. Paris : Seuil.

Shenhav, Y. (1999). *Manufacturing Rationality: The Engineering Foundations of the Managerial Revolution*. Royaume-Uni : Oxford University Press.

Sheppard *et al*. On Becoming a 21st Century Engineer. *Journal of Engineering Education, 97*(3), 231-234.

Slack, J. D. (2005). Why the Biotechnological Body Matters: Introduction to the Special Issue. *Communication Theory, 15*(1), 5-9.

Smith, M. R. et Marx, L. (dir.). (1994). *Does technology drive history?: The dilemma of technological determinism*. Cambridge : The MIT Press.

Smith, W. K. et Lewis, M. W. (2011). Toward a Theory of Paradox: A Dynamic equilibrium Model of Organizing. *Academy of Management Review, 36*(2), 381-403.

Smith, W. K., M. Erez, S. Jarvenpaa, M. W. Lewis, P. Tracey (2017). "Adding Complexity to Theories of Paradox, Tensions, and Dualities of Innovation and Change: Introduction to Organization Studies Special Issue on Paradox, Tensions, and Dualities of Innovation and Change," *Organization Studies* 38(3-4), p. 303-317.

Söderberg, J. (2013). Automating amateurs in the 3D printing community: connecting the dots between 'deskilling' and 'user-friendliness'. *Work organisation, labour & globalisation, 7*(1), 127-140.

Söderberg, J. (2014). The Cunning of Instrumental Reason: Reproducing Wealth without Money, One 3D Printer at the Time. *Journal of Peer Production, 1*(4). Online at: < http://peerproduction.net/issues/issue-4-value-and-currency/peer-

reviewed-articles/reproducing-wealth-without-money/ > or
< http://www.johansoderberg.net/sub02/Cunning3D.pdf >

Söderberg, J. (2019). The cloud factory: Making things and making a living with desktop 3D printing. *Culture and Organization*, *25*(1), 65-81.

Splitt, F. G. (2004). Engineering education reform: Signs of progress. *International Journal of Engineering Education, 20*(6), 1005-1011.

Stephenson, F. W. (2001). Review of the visions for the global engineering education workshops. Dans Weichert, D., Rauhurt, R. Et Schmidt, R. (eds), *Educating the Engineer for the 21st Century*. Dordrecht, Hollande: Kluwer Academic Publisher. 3-5.

Streveler, R. A. et Smith, K. A. (2006). Conducting Rigorous Research in Engineering Education. *Journal of Engineering Education, 95*(2), 103-105.

Taylor, C. (2007). Heidegger on Language. Dans *A Companion to Heidegger*, H. L. Dreyfus et Wrathall, M.A. (dir.). Oxford : Blackwell Publishing. 433-455.

Tirosh-Samuelson, H. (2011). Engaging Transhumanism. Dans *H+/H-: Transhumanism and its Critics*, Hansell, G. R. et Grassie, W. (dir.). Philadelphia : Metanexus Institute. 19-49.

Tirosh-Samuelson, H. et Hurlbut, J. B. (2016). Introduction: Technology, Utopianism and Eschatology. Dans Hurlbut, J. B et Tirosh-Samuelson, H. (dir.). *Perfecting Human Futures: Transhuman Visions and Technical Imaginations*, New York : Springer, 1-32.

Tonso, K. L. (2014). Engineering Identity. Dans *Cambridge Handbook of Engineering Education Research*, A. Johri et Olds, B. M. (dir.). New York : Cambridge University Press. 267-282.

Touraine, A. (2007). *A New Paradigm for Understanding Today's World*. Cambridge, Royaume-Uni : Polity Press.

Touraine, A. (2013). « Introduction » et « Première partie – La fin du monde social. » Dans *La fin des sociétés*. Paris : Seuil, 12-120.

Trevelyan, J. (2010). Reconstructing engineering from practice. *Engineering Studies, 2*(3), 175–195.

Tukker, A. (2000). Philosophy of science, policy sciences and the basis of decision support with LCA Based on the toxicity controversy in Sweden and the Netherlands. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, *5*(3), 177-186.

Vaillancourt, Y. (2009). *Le principe de responsabilité de Jonas.* Montréal : Centre éducatif/culturel (CEC). 13-14 et 26-29.

Valderrama, A., Idelman, J. C., Mejía, A., Lleras, E. et García, A. (2009). Engineering education and the identities of engineers in Colombia, 1887-1972. *Technology and Culture, 50*(4), 811-838.

van der Aalst, W. M. P. (2014). Data Scientist: The Engineer of the Future. Dans Kai Mertins *et al.* (dir.). *Enterprise Interoperability VI: Interoperability for Agility, Resilience and Plasticity of Collaborations*. Proceedings of the I-ESA Conferences (7), 13-26.

Van Meer, E. (2012). The Transatlantic Pursuit of a World Engineering Federation: For the Profession, the Nation, and International Peace, 1918-48. *Technology and Culture, 53*(1). 120-145.

Veblen, T. (2001). *The Engineer and the Price System* [1921]. Kitchener : Batoche Books.

Vérin, H. (1982). *Entrepreneurs, Enterprise: The History of an Idea [Entrepreneurs, entreprise: histoire d'une idée]*. Paris : Classiques Garnier.

Vérin, H. (1984). *Entrepreneurs, entreprise: histoire d'une idée.* Paris : Presse universitaire de France.

Vérin, H. (1993). *La gloire des ingénieurs : l'intelligence technique du XVIe au XVIIIe siècle*. Paris : Albin Michel.

Vernant, D. (2019), « Russell », version académique. Dans : M. Kristanek (dir.), *L'Encyclopédie philosophique*, URL: http://encyclo-philo.fr/russel-a/

Vest, C. M. (2008). Context and Challenge for Twenty First Century Engineering Education. *Journal of Engineering education, 97*(3), 235-236.

Vico, G. (1981). *La méthode des études de notre temps* [1708]. Paris: Bernard Grasset (éd. Pons, A.). En ligne: < http://www.mcxapc.org/docs/conseilscient/0511vico_pons.pdf >

Wall, K. (2010). *Engineering: Issues, challenges and opportunities for development.* UNESCO.

Wallich, P. (2004). Electrical engineering's identity crisis-when does a vast and vital profession become unrecognizably diffuse? *IEEE Spectrum, 41*(11), 66-73.

Weick, K. E., Sutcliffe, K. M. et Obstfeld, D. (2005). Organizing and the process of sensemaking. *Organization science, 16*(4), 409-421.

Weidema, B. P., Pizzol, M., Schmidt, J. et Thoma, G. (2018). Attributional or consequential Life Cycle Assessment: A matter of social responsibility. *Journal of cleaner production, 174*, 305-314.

Weidema, B. P., Pizzol, M., Schmidt, J. H. et Thoma, G. (2019). Social responsibility is always consequential-Rebuttal to Brander, Burritt and Christ (2019): Coupling attributional and consequential life cycle assessment: a matter of social responsibility. *Journal of Cleaner Production*.

Weinstein, L. (2014). *The durable slum: Dharavi and the right to stay put in globalizing Mumbai.* Minneapolis : University of Minnesota Press.

Wheeler, M. (2018). Martin Heidegger. Dans *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, E. N. Zalta (dir.). Winter. Online at: < https://plato.stanford.edu/entries/heidegger/ >.

Williams, B. et Figuieredo, J. (2014). Portuguese Heterogeneous Engineering. Dans *Discovering Viable Solutions [L'ingénierie hétérogène portugaise. À la découverte de solutions viables], Revue d'anthropologie des connaissances, 8*(2), 279-306.

Williams, R. (2002). *Retooling: A Historian Confronts Technological Change.* Kindle Edition.

Williams, R. (2003). Education for the Profession Formerly Known as Engineering. *Chronicle of Higher Education, 49*(20).

Wisnioski, M. (2012). *Engineers for Change: Competing Visions of technology in 1960s America.* Cambridge : The MIT Press.

Wisnioski, M. (2015). What's the Use? History and Engineering Education Research. *Journal of Engineering Education, 104*(3), 244-251.

Wisnioski, M. H. (2009). How engineers contextualize themselves. Dans *Engineering in Context*. 403-416.

Young-Bruehl, E. (2009). *Hannah Arendt: For love of the world*. Yale University Press.

Zhou, C. (2012). Fostering creative engineers: a key to face the complexity of engineering practice. *European Journal of Engineering Education, 37*(4), 343-353.

Zukin, S. (1980). A decade of the new urban sociology. *Theory and Society 9*(4), 575-601.