

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

MÉTA-MONITORING ET POÉTIQUE AÉRIENNE : RECHERCHE-CRÉATION SUR UN INSTRUMENT
MÉTÉOROLOGIQUE OUVERT

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DE LA MAÎTRISE EN DESIGN DE L'ENVIRONNEMENT

PAR

ANNE DESPOND

FÉVRIER 2023

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire 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.04-2020). 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

Ce mémoire est le fruit d'un travail de longue haleine qui n'aurait pas pu voir le jour sans le soutien inébranlable de proches, de collègues, et de professeurs.

Je tiens premièrement à remercier mon directeur le professeur Nicolas Reeves pour ses conseils, son infinie patience et son soutien tout au long du processus d'écriture, mais aussi et surtout pour m'avoir offert l'opportunité de m'investir dans différents projets du laboratoire NXI Gestatio. Notamment, ma participation à la réhabilitation de la Sonde Méridienne à l'École de Design au printemps 2021, à sa présentation au Château de Bussy-Rabutin dans le cadre du festival Image Sonore dans les mois suivants, ainsi qu'à la résidence au laboratoire LadHyx de l'Université Paris-Saclay à l'automne de la même année, ont été pour moi des expériences absolument géniales et mémorables.

Autre élément incontournable du laboratoire NXI, je souhaite remercier tout particulièrement Vincent Cusson pour son enthousiasme sans borne quant à ma recherche-crédation, pour ses suggestions toujours beaucoup plus créatives que les miennes, pour sa disponibilité hors norme durant ma résidence à Hexagram au printemps 2022, et pour cette incroyable capacité (héritée à force de côtoyer Prof. Reeves ?) à savoir absolument tout expliquer de manière limpide.

Ces remerciements ne sauraient être complets sans la mention des professeur.e.s du programme de maîtrise en Design de l'Environnement qui ont absolument toujours montré leur disponibilité pour répondre à mes questions, et dont le dévouement au bon fonctionnement de leur École m'a non seulement vivement touchée, mais aussi inspirée. Suivent mes remerciements à ces ami.e.s cher.ère.s à mon cœur qui ont su être présent.e.s lors de moments plus difficiles ou solitaires, en présentiel à Montréal ou par téléphone à travers l'Atlantique - Julia, Pauline, Ella, Mathilde, Lucie, Lucien, Joni, Jonatan, Delphine, Guillaume.

Les derniers et plus profonds remerciements vont évidemment à mes parents, Barbara et Olivier, sans qui rien n'aurait été possible, et qui ont su me soutenir tout au long d'un cheminement universitaire que le caractère touche-à-tout de leur fille (avec, admettons-le, la pandémie) n'a, malheureusement pour eux, pas aidé à raccourcir.

DÉDICACE

À Julia

AVANT-PROPOS

S'il y a une chose que je retiendrais de l'année 2018, c'est que la vie semble se comporter comme un élastique. Parfois, cet élastique se tend entre deux extrémités, jusqu'à atteindre un état proche de l'unidimensionnalité ; là, tout s'accélère, tout se rétrécit. Les voies à emprunter apparaissent plus évidentes, et les décisions se prennent presque sans que l'on s'y sente intervenir, sans que le besoin - pourtant naturel - de les évaluer ne surgisse. Comme si l'élastique, dont l'objectif principal est d'éviter à tout prix l'éclatement, prenait le contrôle du sujet, en vue de revenir à un état de *détente* initial, à une configuration plus ou moins elliptique de départ.

En 2018, la maîtrise en Design de l'Environnement à l'UQAM, ce programme pourtant offert de l'autre côté de l'océan, sur lequel je ne savais, à bien y repenser, presque rien, apparaissait pour moi comme une évidence, sans que je puisse expliquer pourquoi. Peut-être la tension de mon élastique vital avait-elle pris le dessus, guidée par certaines notions évoquées dans la courte description du programme. « Design de l'environnement », « culture durable », « transversalité », « proximité », « perspective globale et intégrée », cet ensemble faisait profondément sens à mes yeux. Mais la notion qui a achevé de convaincre mon intuition (ou celle de mon élastique) de m'inscrire à l'UQAM a sans doute été celle de « recherche-crédation ».

Recherche-crédation. Tout était là.

Cependant, j'ai vite compris que ce qui paraissait tomber sous le sens pour moi, et se passait même d'explications (« recherche-crédation », que pourrait-on vouloir ajouter à cette association si *complète* ?) ne semblait pas détenir une limpidité folle auprès de tout le monde.

« D'accord mais... *concrètement*, tu vas faire quoi ? »

Au grand désarroi des curieux, les fruits « concrets » de mon travail étaient à ce moment-là encore inconnus, et tout ce que je pouvais dire à mon admission en 2018, c'est que je m'engageais, la tête pleine d'idées, dans le fantasme de ce que j'avais lu être la recherche-crédation au Québec.

« Combin[er] la pratique des arts et les sciences de l'art aux sciences interprétatives et pures »¹, « élabor[er] un discours intégré à la réalisation d'œuvres ou de productions présentant un caractère de nouveauté »², « favoris[er] la production de connaissances et l'innovation grâce à l'expression artistique, à l'analyse scientifique et à l'expérimentation »³ ; les définitions officielles de la recherche-crédation semblaient correspondre à mon profil et à mes ambitions. Je ne savais donc pas quelle forme ce projet de recherche-crédation prendrait, mais j'étais guidée par l'intime conviction que cela allait déboucher sur quelque chose de pertinent à mes yeux - et avec un peu de chance, aux yeux d'autres.

Cependant, il n'est pas rare que la question du « concrètement » provoque le malaise, puisqu'il existe, même dans les milieux qui la pratiquent et l'enseignent, une certaine nébulosité, qui peut aller jusqu'à provoquer la suspicion⁴, autour de la recherche-crédation. Ce flou semble avant tout d'ordre méthodologique, de sorte que la question qui dérouté serait plutôt :

« Concrètement, *comment* fait-on de la recherche-crédation ?

Ce que j'ai pu constater au fil de ma première année de maîtrise, c'est qu'il n'y a pas de réponse prédéterminée à cette question, et que – et cela ne plaira guère aux chercheurs anxieux - l'élaboration d'une méthodologie de recherche constitue souvent elle-même une partie intrinsèque de la recherche-crédation. C'est-à-dire que, contrairement en sciences, il n'existe pas (encore ?) de protocole qui soit universellement accepté ou reconnu comme valable pour mener à bien une recherche-crédation.

Le chercheur a donc pour défi supplémentaire de développer une *manière de faire* qui non seulement lui apparaisse suffisamment qualitative pour correspondre à un niveau universitaire de recherche, mais aussi qui, idéalement, *colle* avec son sujet. Ainsi, une des ambitions de la recherche-crédation - et, d'après ce que mon expérience à l'École de Design de l'UQAM a pu

¹ Hexagram, s. d.

² Ibid.

³ Conseil de recherches en sciences humaines (CRSH), 2012

⁴ Gosselin et al., 2006, pp.46-48

laisser entrevoir, particulièrement en Design de l'Environnement - serait d'être pensée dès le départ comme un ensemble fond-forme cohérent.

Cette cohérence d'ensemble est particulière, car elle est à la fois gage de légitimité dans le monde académique ou professionnel, et émane pourtant d'un ressenti assez intime chez le chercheur-créateur, se construisant au fur et à mesure que son projet avance ; ce qui fait sens pour lui sera ultimement ce qui devra faire sens auprès du public-récepteur ou du client-demandeur.

Ce qui souhaite amener cette cohérence dans le présent travail, et peut-être plus largement dans ma vision du travail du designer, est (et la lecture de Nicolas Nova, merci à lui, a été déterminante dans ce constat) une position à cheval entre la *recherche-crédation* et l'*enquête-crédation*.

L'*enquête-crédation*, plus explicitement que son pendant recherche, est située, temporellement et socialement. Une enquête se mène et, en principe, se résout, et parce que les conséquences de cette résolution sont d'ordre « public », ses résultats et le processus qui a débouché sur ces derniers se doivent d'être, ultimement, livrés au grand jour. L'*enquête-crédation*, ainsi, pointe dès son initiation vers une audience, « relève d'un acte de communication »⁵.

La *recherche*, elle, n'est pas nécessairement située socio-temporellement. Tout comme la *quête*, son issue, sa résolution, n'est pas assurée, ni parfois même souhaitée, et elle peut être entièrement individuelle ou intérieure. On est en *quête* de Soi, ou à la *recherche* du grand Amour, choses auxquelles l'enquête ne saurait prétendre. Autrement dit, la fin d'une recherche ou d'une quête ne se prédit pas, et si elle arrive, c'est presque par surprise, puisqu'elle est tournée vers l'avenir, vers le possible - respectivement l'impossible.

La recherche-crédation requiert donc un dévouement au long cours, un don de soi inconditionnel, sans attentes quant à de possibles résultats. Elle est passion. L'*enquête-crédation* demande elle aussi une très forte implication de la part de l'enquêteur, mais cette implication est ponctuelle, concentrée, et chargée d'espoirs.

⁵ Nova, 2021, p.51

Si la notion d'enquête-création est utile, c'est aussi parce qu'il est sécurisant pour les jeunes chercheurs d'entrevoir une fin à leur travail, de l'envisager comme une aventure ponctuelle, comme un chapitre qui a commencé et qui se terminera pour laisser place à d'autres. Cette image est sans doute une construction, un mirage, une histoire qu'on se raconte pour se rassurer. N'empêche, elle aide.

Car la recherche-création, et il suffit de jeter un  il à nos chers professeurs pour s'en convaincre, peut rapidement se transformer en un engagement au long cours, en une œuvre d'une vie entière. En fin de compte, elle demande un *commitment* total, peut-être même supérieur (mais ne le disons pas trop fort)   celui de la recherche scientifique, puisqu'elle n'obéit qu'à des règles qu'elle doit elle-même formuler, qu'elle s'est elle-même tenue de suivre.

Ainsi, la recherche-création apparaît comme une marmite géante, intimidante pour l'étudiant en maîtrise, et le format de l'enquête-création pourrait bien servir de voie pour s'y pencher, y g ter, sans devoir « y risquer sa vie », ou du moins, sans en avoir l'impression.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS.....	ii
DÉDICACE.....	iii
AVANT-PROPOS.....	iv
TABLE DES MATIÈRES	viii
LISTE DES FIGURES.....	xi
RÉSUMÉ	xiii
INTRODUCTION	1
Problématique.....	3
Méta-monitoring : un monitoring alternatif.....	5
Fil rouge du mémoire	6
CHAPITRE 1 : L'ATMOSPHÈRE À L'ÈRE PRÉ-TECHNIQUE, UN LIEU DE MYTHES ET DE PRÉSAGES.....	7
1.1 L'Homme mythopoïétique face aux évènements naturels	7
1.2 Pensée philosophique et les débuts d'une « météorologie ».....	9
1.2.1 Meteorologica d'Aristote : quand la logique remplace le mythe.....	9
1.2.2 De Signis de Théophraste	10
1.3 Astrométéorologie médiévale et retour de l'interprétation surnaturelle	12
1.4 L'atmosphère, sujet d'une double prédisposition poétique ?	14
CHAPITRE 2 : LES OBJETS TECHNIQUES, NOUVEAUX MÉDIATEURS DE LA CONNAISSANCE ATMOSPHÉRIQUE	16
2.1 Les débuts de la science atmosphérique ou quand préoccupation métaphysique devient énigme hydrostatique.....	16
2.1.1 L'invention du baromètre, garant de la reconnaissance de l'atmosphère.....	16
2.1.2 La pompe à air de Boyle : le vide comme espace de démonstration expérimentale....	19
2.1.3 Resserrement et démonstration, naissance d'une poétique de l'étonnement scientifique	21
2.2 Registres et enregistrement, prémisses du monitoring atmosphérique	24

2.2.1	La « Method » hookéenne ou l'impératif d'une mesure répétée et reproductible.....	24
2.2.2	Météorographie et enregistrement automatisé.....	28
2.2.3	Conséquences de la mesure standardisée sur la poétique : un aplanissement de l'étonnement.....	32
2.3	Évolutions techniques, quels impacts sur la poétique?	33
2.3.1	Fracture gestuelle et fracture perceptuelle : une double prise de distance aux instruments	33
2.3.2	Simondon : technique moderne et modification des modalités du progrès.....	34
2.3.3	Électronique et réduction des échelles : une troisième fracture dans le rapport à la machine.....	35
2.3.4	Heidegger : la technique moderne comme une anti-poétique.....	36
2.4	Méta-monitoring I : rétablissement du synchronisme perceptuel	38
2.4.1	Poétique et re-présentation : l'exemple du Nuage Vert.....	39
2.5	La prédominance des dispositifs, une catastrophe irréversible ?	41
2.5.1	Le regard de Simondon : réforme culturelle et machine ouverte.....	41
2.6	Méta-monitoring II : détourner la machine, réformer la culture technique.....	42
2.6.1	Sensibilité, indétermination, interaction : l'ouverture simondonienne dans <i>The Weather Followers</i>	43
CHAPITRE 3 : ATMOSPHÈRE VERTICALE ET MESURE AÉRIENNE.....		46
3.1	Mesure aérienne et avancées de la science atmosphérique.....	47
3.1.1	Prendre de l'altitude : mesure en montgolfière.....	47
3.1.2	Lucanisme américain.....	48
3.1.3	Ballons-sondes européens	50
3.2	La radiosonde au secours du monitoring aérien	52
3.3	La verticalité, un défi pour la poétique du monitoring atmosphérique.....	56
3.4	Méta-monitoring III : téléprésence, vers de nouvelles configurations discursives	56
3.4.1	tele-present water	59
3.4.2	Perpetual (Tropical) SUNSHINE.....	61
3.4.3	La téléprésence comme solution à la poésie du monitoring atmosphérique aérien	62
CHAPITRE 4 : L'ATMOSPHÈRE, ROYAUME DE TRANSMISSIONS.....		63
4.1	Communiquer dans l'invisible	64
4.1.1	Coup de foudre et galvanisme	64

4.1.2	Marconi et les « antennes »	65
4.1.3	Radio transatlantique et interactions atmosphériques	69
4.2	Disparition du naturel : quel impact pour la poésie atmosphérique ?	71
4.3	Méta-monitoring IV : ouverture des circuits et écologie de signaux	73
4.3.1	<i>Aériologie</i> : écologie du signalscape et magnification du chaos.....	74
CHAPITRE 5 : LES BRUITS DE L'ATMOSPHÈRE.....		77
5.1	Guerre des courants et naissance du téléphone.....	78
5.2	Allô, la radio ?.....	79
5.3	Transduction et électrosonique : « a new day for sound ».....	82
CHAPITRE 6 : RE-PRÉSENTATION SONORE DE L'ATMOSPHÈRE.....		85
6.1	Les caractéristiques du son	86
6.1.1	Son, temps et épistémologie	86
6.1.2	Son, espace et sens commun	87
6.2	Méta-monitoring V : instrument de mesure, instrument de musique	88
6.2.1	Le <i>Songe d'Ithaca</i> du Laboratoire NXI Gestatio.....	89
CHAPITRE 7 : MÉTA-MONITORING ET L'ATMOSPHÈRE-LOGOSPHÈRE.....		93
7.1	Projet de création <i>Méta-monitoring</i> : idée et développement.....	94
7.1.1	Radiophonie, broadcasting et l'élargissement de la conscience mondiale	95
7.1.2	Donner une voix à l'atmosphère	96
7.1.3	Les quatre avenues du projet.....	97
7.2	Projet de création <i>Méta-monitoring</i> : résultat final.....	99
CONCLUSION		102
RÉFÉRENCES ET BIBLIOGRAPHIE.....		105

LISTE DES FIGURES

Figure 0.1 – Au Kerala, les pluies se sont montrées particulièrement intenses à l’automne 2021, provoquant une alerte rouge dans le département indien	2
Figure 0.2 - Méta-Matic No. 10, 1959 Museum Tinguely, Basel, Donation Niki de Saint Phalle.....	5
Figure 2.1- Expérience barométrique de Torricelli.....	17
Figure 2.2 – La pompe à air de Boyle	20
Figure 2.3 – An Experiment on a Bird in an Air Pump (1768), par Joseph Wright of Derby	22
Figure 2.4 – Baromètre à cadran de Hooke	26
Figure 2.5 – Extrait du journal personnel de Robert Hooke	27
Figure 2.6 – “Weather Clock” de Christopher Wren.....	29
Figures 2.7 – Météorographe d’Angelo Secchi, vues avant et arrière (1867, en haut), avec son relevé (en bas)	31
Figure 2.8 - Barographe des frères Richard (1888)	32
Figure 2.9 – Station météorologique, un dispositif qui se veut représentatif des techniques de monitoring atmosphérique moderne.....	36
Figure 2.10 – Nuage Vert (2008), par le collectif HeHe	39
Figure 2.11 -The Weather Followers (2017) du collectif Fragmentin (Marc Dubois , David Colombini , et Laura Perrenoud)	44
Figure 3.1 – Gay-Lussac et Biot durant leur ascension en montgolfière en 1804.....	47
Figure 3.2 – Tandem de cerfs-volants portant un météorographe.....	48
Figure 3.3 – Météorographe compact utilisé par le Weather Bureau américain en 1898 (à gauche), avec le relevé correspondant, soit le premier sondage vertical de l’atmosphère	49
Figure 3.4 – Un ballon-sonde en papier de 113 m3 en cours de gonflement dans l’abri tournant de Trappes, proche de Paris, en 1898.....	51
Figure 3.5 – Lancer de radiosonde dans les années 30 aux États-Unis	54
Figure 3.6 – Différents modèles de radiosondes développées autour de 1930.	55
Figure 3.7 – telepresent water (2011), par David Bowen	59
Figure 3.8 – Perpetual (Tropical) SUNSHINE (2008) de fabric ch	61
Figure 4.1 – Architecture typique d’un réseau de monitoring moderne (wireless sensor network)	63

Figure 4.2 - Planche tirée des rapports de Galvani sur l'électricité animale « De viribus electricitatis in motu musculari commentarius ».....	64
Figure 4.3 – Dispositif générateur d'ondes électromagnétiques conçu par Heinrich Hertz.....	66
Figure 4.4 – Schéma explicatif de la transmission sans-fil par ondes « hertziennes »	67
Figure 4.5 – Reconfigurations du dispositif dipolaire de Hertz en antennes monopolaires par Marconi	68
Figure 4.6 – Première télécommunication transatlantique par radio en 1901 à Signal Hill (Canada).	69
Figure 4.7 – Interactions entre ondes de radiotransmission et couche ionisée de Kennely-Heaviside	70
Figure 4.8 – Spectre électromagnétique, dont seule une petite portion est disponible à notre perception.....	72
Figure 4.9 – Aeriology (1995-2008), par Joyce Hinterding	74
Figure 5.1 – Premiers émetteur et récepteur téléphonique, photographiés par Bettman.....	78
Figure 5.2 - Phénomène du mode sifflement (littéralement, « whistlers »)	80
Figure 5.3 - Schéma opérationnel du téléphone de Bell	81
Figure 6.1 – Sonde Méridienne, telle que présentée au festival Image Sonore 2021	89
Figure 6.2 – Matrice extraite du « patch » Max/MSP qui régit la transposition sonore dans le Songe d'Ithaca.....	90
Figure 7.1 - Montage de la Sonde Méridienne au Château de Bussy-Rabutin, juillet 2021.	93
Figure 7.2 – Schéma synthétique pour la création finale de Méta-monitoring.	97
Figure 7.3 - Création finale de la recherche-crédation sur le Méta-monitoring, exposée dans le cadre de l'Annuel de Design 2022 à l'École de Design de l'UQAM.....	100
Figure 7.4 – Patch Max/MSP (en « mode présentation ») de la création finale.	101

RÉSUMÉ

Dans une société où les rythmes météorologiques sont voués à s'accélérer, *Méta-monitoring* se présente comme un mémoire de recherche-crédation qui souhaite entamer une réflexion sur notre rapport à l'atmosphère, mais aussi une investigation sur l'impact qu'a pu avoir le développement des techniques de monitoring atmosphérique dans ce rapport. Si ces évolutions techniques ont pu, ultimement, approfondir notre connaissance de l'atmosphère de manière considérable et décupler notre pouvoir de prédiction météorologique, elles ont également contribué à conditionner notre rapport à l'atmosphère d'une manière bien précise, qui se reflète dans les machines de monitoring atmosphérique moderne.

Dans ce contexte, repenser les machines de monitoring, étudier l'héritage scientifique et technique qui sous-tend leur conception devient le point de départ d'une démarche d'exploration quant à notre relation aux phénomènes atmosphériques, une ouverture vers d'autres possibles, plus sensibles et poétiques, pour la pratique du monitoring de l'atmosphère.

Mots-clés : monitoring environmental ; *data design* ; téléprésence ; météorologie ; dispositif ; instrument ; *data-to-sound* ; atmosphère-logosphère ; machine ouverte

INTRODUCTION

Par l'air, toute la vie et tous les mouvements sont possibles. C'est le souffle de l'air qui fait tourner la Terre.

Bachelard, 1965

Le rapport que nous entretenons à l'atmosphère est depuis toujours infiniment complexe et multiple. Ceci fait en sorte que sa portée symbolique et poétique est dense. L'atmosphère est en effet un lieu d'échange et de mouvement par excellence, et l'air qui la compose, peut-être plus encore que tout autre ressource naturelle, nous relie à l'essence du vivant ; nous dépendons tous et toutes de ce même *air*, sans cesse réoxygéné par les processus photosynthétiques qui s'accomplissent au cœur de plantes et autres phytoplanctons. L'air est également une substance d'échange remarquable en ce qu'il nous connecte à l'Autre, puisqu'en lui se fonde la possibilité d'une communication orale interpersonnelle.

Mais l'atmosphère est également le siège d'échanges physicochimiques qui, s'ils nous dépassent, ne sont pas sans conséquences pour notre réalité. En effet, ces échanges résultent en des phénomènes météorologiques qui nous impactent quotidiennement, affectant subtilement notre humeur et nos comportements, et cadrant nos activités et nos modes de vie. Constamment soumis à ces dynamiques atmosphériques hors de contrôle, notre seule prise sur les événements célestes consiste à river nos yeux sur les prévisions météorologiques pour organiser nos déplacements et nos loisirs en fonction d'eux.

Lorsqu'ils revêtent le manteau impressionnant de l'extrême (Fig.0.1), comme cela sera de plus en plus souvent le cas à l'avenir⁶, les phénomènes météorologiques peuvent impacter l'existence

⁶Organisation Météorologique Mondiale, 2022

humaine de manière autrement plus sévère, et exposer des populations entières à une insécurité généralisée, qui s'abat sur la totalité du spectre vital.

Figure 0.1 – Au Kerala, les pluies se sont montrées particulièrement intenses à l'automne 2021, provoquant une alerte rouge dans le département indien



Récupéré sur : <https://economictimes.indiatimes.com/news/india/imd-issues-red-alert-in-five-districts-of-kerala-for-today-tomorrow/articleshow/91577396.cms>

Dans ce contexte d'accélération des rythmes climatiques, notre rapport à l'atmosphère est voué à évoluer, et la prédiction météorologique à devenir, plus qu'un outil d'organisation, l'assurance d'une prévention des risques, voire d'une survie. En effet, lorsqu'elle est fiable et rapide, la prédiction météorologique facilite l'anticipation, permet la préparation mentale et physique au meilleur comme au pire, ainsi que la prise de mesures adéquates pour faire face aux conditions à venir.

Problématique

Cependant, la prédiction du temps ne se fait pas toute seule. Discipline ancienne, forgée au fil des millénaires, la science prédictive du temps dépend aujourd'hui d'un réseau d'observation de l'atmosphère étendu, une observation ininterrompue qui prend volontiers le nom de *monitoring*, et qui s'incarne notamment dans un ensemble de machines capables de performer une captation de données atmosphériques continue et en temps réel.

Si les prévisions résultant de ce monitoring sont délivrées à la masse par le biais d'applications météo ou de sites internet, l'accès aux mécanismes qui permettent ces prévisions reste restreint pour la majorité. Ceci crée une forme de distance dans notre compréhension des rythmes atmosphériques ; entre un phénomène atmosphérique monitoré et un bulletin météorologique obtenu en bout de ligne, l'information suit un parcours difficilement saisissable. Cette prise de distance est à relier à l'appareillage dédié à l'acquisition de données de monitoring atmosphérique, lequel se caractérise par une certaine sophistication. En effet, la miniaturisation des systèmes de mesure, ainsi que leur enfermement dans des boîtes closes, ont pour effet de complexifier et d'opacifier les processus météorologiques à l'œuvre à l'intérieur des machines, des processus pourtant déterminants dans l'obtention des prédictions ultimement partagées. Cette opacité et cette complexité ne peuvent que se répercuter sur la compréhension des phénomènes naturels à l'étude.

Parallèlement, la sophistication de l'appareillage fait en sorte que sa manipulation requiert une expertise qui voue la pratique du monitoring atmosphérique à demeurer l'apanage de spécialistes. Plus généralement, l'apparence des machines dissuade l'interaction ; les appareils de monitoring sont des objets peu invitants, voire - par leur étrange similitude formelle avec l'artillerie militaire - intimidants, de sorte qu'ils ne semblent à aucun moment avoir été conçus pour faciliter leur appropriation par le commun, ou générer des expériences sensibles.

Tout ceci crée des barrières quant à l'accès à la connaissance et à l'interprétation des phénomènes atmosphériques, et l'on peut dès lors se questionner sur leur existence : est-elle normale ? est-elle souhaitable ?

Dans un monde où les phénomènes atmosphériques se font plus imprévisibles et ravageurs, où la maîtrise de la prévision météorologique par le commun a le potentiel de limiter les dégâts, et, plus largement, où notre rapport à l'atmosphère est en passe de se transformer, nous partirons du principe que cette distance que crée les technologies actuelles de monitoring avec les phénomènes atmosphériques est nuisible, et n'a plus lieu d'être, et que cette distance est à relier à une problématique de conception, au design des machines de monitoring atmosphérique contemporaines.

En résumé, alors que le monitoring atmosphérique constitue une porte d'entrée sur la connaissance météorologique par l'homme, alors qu'il a le potentiel de lieu de donner lieu à un rapprochement, à une ouverture sur les rythmes de notre atmosphère, il n'est aujourd'hui pas *disposé* pour créer une réelle rencontre entre eux.

Peut-on, dans ce contexte, concevoir de nouvelles formes de monitoring atmosphérique, plus ouvertes et sensibles, qui nous rapproche des dynamiques du ciel ? Si oui, à quoi ressemblent-elles ?

Métra-monitoring : un monitoring alternatif

Métra-monitoring est un terme-parapluie inventé pour incarner la supposition selon laquelle des formes alternatives de monitoring atmosphérique sont possibles, et que le design et l'art ont un rôle important à jouer dans leur élaboration. Le préfixe *métra* - littéralement par « au-delà », « à côté » ou « entre » - souhaite incarner ce caractère alternatif, « à côté » de la pratique usuelle, mais se veut également un clin d'oeil aux *Métra-machines* de l'artiste suisse Jean Tinguely (Fig. 0.1), connu pour sa pratique de détournement des machines mécaniques d'objectifs « machiniques » pour investir l'inutile et l'absurde⁷.

Figure 0.2 - *Métra-Matic No. 10*, 1959 Museum Tinguely, Basel, Donation Niki de Saint Phalle.



Crédits : Museum Tinguely, Basel, Serge Hasenböhler.

https://www.tinguely.ch/.imaging/tinguely_jpg/dam/Newsletter-Bilder/2021-/jean-tinguely-meta-matic-no-10-1959.jpg

⁷ Musée Tinguely de Bâle, 2018

Fil rouge du mémoire

Ce mémoire s'annonce dès lors comme une enquête quant aux causes de l'aliénation de l'atmosphère dans la pratique contemporaine du monitoring atmosphérique, une recherche-crédation qui souhaite aboutir sur la proposition de solutions pour amener le monitoring traditionnel de l'atmosphère vers un *Méta-monitoring*, plus ouvert et poétique.

En chapitre 1, nous retournerons à l'ère pré-technique pour réaliser en quoi l'atmosphère est naturellement prédisposée à l'établissement d'une poétique, par son lien immémorial à la fabulation d'une part, et par l'état de stupéfaction dans laquelle elle a le pouvoir de placer l'Homme de l'autre.

En chapitre 2 et 3, nous tenterons de saisir l'impact qu'a pu avoir le développement des techniques de mesure sur la poétique atmosphérique. Dans un dialogue philosophique entre Georges Simondon et de Martin Heidegger, nous chercherons des clefs conceptuelles pour favoriser le rétablissement de cette poétique dans la pratique moderne du monitoring atmosphérique. Nous proposerons alors certaines pistes pour un tel rétablissement, et par extension, pour un *Méta-monitoring*.

En chapitre 4 et 5, nous verrons en quoi l'atmosphère, au-delà de faire l'objet d'un monitoring, peut, parce qu'elle se positionne aussi comme le médium privilégié de transmission d'information, participer à son développement. L'atmosphère devient alors un « royaume de signaux » qui héberge des possibilités de communication à distance salutaires pour le monitoring. Nous comment les interférences entre technologies de télécommunication et électromagnétisme naturel instaurent un rapport nouveau à l'atmosphère, ainsi que de nouvelles opportunités pour le *Méta-monitoring*.

Finalement, en chapitre 6 et 7, grâce aux conclusions tirées tout au long du mémoire, nous nous concentrerons sur le potentiel du son dans l'élaboration de pratiques de *Méta-monitoring* de l'atmosphère, et décrirons les processus, expériences et réflexions qui ont mené à la création finale du mémoire.

CHAPITRE 1

L'ATMOSPHÈRE À L'ÈRE PRÉ-TECHNIQUE, UN LIEU DE MYTHES ET DE PRÉSAGES

Some of the earliest philosophical inquiry of human civilization was concerned with how the air sat within a wider cosmology of other important elements.

Adey, 2014

L'histoire du monitoring est semée d'yeux plissés et de nuques engourdies, parce que la démarche scientifique – et par extension, la collecte systématique de données qui la caractérise – doit son existence à ceux qui ont eu le réflexe, mystérieusement instinctif, de jeter des regards interrogateurs vers le ciel pour en tirer des réponses. Autrement dit, l'aventure du monitoring s'amorce avec ce qui semble être une nécessité chez l'humain : comprendre et décrire l'ordre du monde ainsi que sa place dans cet ordre⁸. Cette nécessité, on l'appelle également *cosmologie* (du grec kosmos, « monde, ordre, beauté », et logos, « science, étude »).

1.1 L'Homme mythopoiétique face aux évènements naturels

Initialement, cosmologie, météorologie, et astronomie semblent constituer trois faces d'une même pièce ; les variations du temps qu'il fait, l'observation des astres et de leurs mouvements, tout cela participe, dès la Préhistoire, à la formulation de récits mythiques quant à la création de l'univers et son organisation. Les cieux et les évènements qui s'y déroulent se retrouvent inlassablement dans les mythes fondateurs de civilisations anciennes, même éloignées. Chez les Incas, Viracocha, roi de la foudre et des tempêtes, est également le dieu primordial, créateur du soleil, de la lune et des étoiles⁹. Dans le mythe sumérien de *Gilgamesh, Enkidu et les Enfers*, le Ciel et la Terre, enfants de la déesse primordiale Nammu, se voient séparés, faisant du dieu An (littéralement « ciel ») l'une des divinités les plus importantes¹⁰.

⁸ Robredo, 2008

⁹ « Inca Mythology », s. d

¹⁰ « Anu », 2022

Cette interprétation mystique fonctionne d'autant plus que l'Homme primitif n'a pas encore développé les ressources psychiques nécessaires à une prise de recul sur son environnement. Henri Frankfort parle notamment d'un stade « mythopoïétique » de l'humanité¹¹, au cours duquel la perception humaine du monde ne repose pas sur des généralisations ou des lois impersonnelles – un détachement - mais sur des modes de personnification – un attachement. Selon Frankfort, les civilisations anciennes ne conçoivent pas de distance avec leur environnement, et les individus sont intimement affectés par les évènements naturels, même si ceux-là impliquent l'intervention de forces cosmiques, d'échelle bien supérieure à la leur :

The ancients, like the modern savages, saw man always as part of society, and society as imbedded in nature and dependent upon cosmic forces. [...] natural phenomena were regularly conceived in terms of humane experience and [...] human experience was conceived in terms of cosmic events. [...] The world appears to primitive man neither inanimate nor empty but redundant with life, and life has individuality, in man and beast and plant, and in every phenomenon which confronts man -- the thunderclap, the sudden shadow, the eerie and unknown clearing in the wood, the stone which suddenly hurts him when he stumbles while on a hunting trip. Any phenomenon may at any time face him, not as "It," but as "Thou." [...]. "Thou" is not contemplated with intellectual detachment; it is experienced as life confronting life, involving every faculty of man in a reciprocal relationship.¹²

Ainsi l'Homme « mythopoïétique » vit dans un monde peuplé d'entités animées, le plus souvent divines, dont les volontés sont au cœur des manifestations quotidiennes de la nature. Son interprétation des aléas environnementaux est directe, sans analyse, de sorte que chaque évènement prend une dimension quasi viscérale, participant à former un récit sensible et imagé dans son esprit. Par exemple, une rivière se trouvant en décrue à une période où elle est habituellement en crue peut témoigner d'un affront ; les eaux ont *choisi* de ne pas s'élever, et de punir l'Homme, pour qui la crue est bénédiction. La rivière est vraisemblablement en colère, et l'Homme, le coupable idéal de son énervement. De la même manière, l'atmosphère apparaît comme le siège de forces incontrôlables devant lesquelles les populations n'ont d'option que de se plier, qu'elles peuvent au pire subir sans broncher et au mieux tenter d'apaiser par le

¹¹ Frankfort et al., 1946

¹² Ibid, pp. 4-5

déploiement de cultes aux dieux « tempestaires »¹³ en vue d'obtenir des conditions météorologiques favorables à leurs activités.

1.2 Pensée philosophique et les débuts d'une « météorologie »

Ce stade mythopœïétique de l'humanité s'est vu affaibli par la progression de deux géants : le monothéisme et la pensée philosophique¹⁴. La croyance en un dieu unique, transcendant la réalité perceptible, remplace celle en une foule de divinités immanentes. Mais parce qu'elle fait figure de germe de la culture scientifique, nous nous pencherons ici plus volontiers sur la pensée philosophique. Introduite par les philosophes de l'Antiquité, cette dernière propose des lois impersonnelles et athées comme régisseuses des phénomènes naturels, et détrône la croyance en une nature animée.

La prise de recul progressive sur les réalités du ciel à l'ère antique se constate dans plusieurs ouvrages. Nous en considérerons deux : *Meteorologica* d'Aristote et *Des Signes du Temps* de Théophraste, écrits au 4^{ème} siècle avant J.-C.

1.2.1 Meteorologica d'Aristote : quand la logique remplace le mythe

Avec son traité, Aristote introduit la notion de « météorologie » et donne ainsi naissance à une nouvelle discipline, qu'il définit comme « l'étude des phénomènes naturels peu réguliers, prévalents dans la région sublunaire qui sous-tend les mouvements des étoiles »¹⁵.

Ce manuscrit divisé en 4 volets se présente comme la somme des connaissances de l'époque concernant les sciences de la Terre : théorie des cinq éléments, origine et formation des vents, des nuages et des rivières, changements climatiques, salinité et courants marins, tremblements de terre, arcs-en-ciel, tonnerre, éclairs, halos, comètes, rosée, pluie, neige, érosion costale, etc¹⁶. *Meteorologica* constitue donc le premier ouvrage où des explications logiques quant à une large

¹³ « Les tempestaires (du latin tempestarii) sont des individus prétendant, ou passant pour, être doués du pouvoir de contrôler les phénomènes célestes (tempêtes, orages, vents, pluie, grêle, etc.) en faisant usage de la magie. Ces "faiseurs de temps" sont présents dans de nombreuses mythologies. » (« Tempestaire », 2020)

¹⁴ Frankfort et al., 1946

¹⁵ « the study of things that happen naturally, but with less regularity, in the sublunar region that borders the movements of the stars » (Scofield, 2010, p.14)

¹⁶ Shaw, 2015, pp.73-75

palette de phénomènes naturels sont proposées, le tout pensé de manière systémique et synthétique. Pour la première fois, les précipitations, nuages et autres objets célestes sont regroupés sous l'appellation de « météores » (du grec *meteoros*, littéralement « haut dans le ciel »).

Les postulats énoncés dans cet essai découlent d'un savant mélange d'intuition, d'observation et de déduction plutôt que d'une méthode scientifique stricte. D'ailleurs, la plupart des propositions d'Aristote se sont avérées erronées par la suite, même si certaines descriptions, comme celle du cycle hydrologique, sont d'une perspicacité admirable :

Or le soleil, en se déplaçant comme il le fait, prépare des processus de changement, de devenir et de décroissance. Par son influence, l'eau la plus fine et la plus douce est quotidiennement transportée et soulevée vers le haut, se dissout en vapeur et s'élève vers des régions plus élevées, où elle se condense à nouveau sous l'effet du froid et retourne à nouveau à la terre.¹⁷

Malgré les erreurs d'interprétation qu'il contient, *Meteorologica* officialise et change le statut de la connaissance des états du ciel, la détachant des caprices de déités caractérielles pour la refonder dans une mécanique neutre. Un certain recul quant aux événements naturels s'installe alors, et la formulation de théories générales guidées par une pensée raisonnée - plutôt que mythopoïétique - prospère. Le concept mythique de « récit » est substitué pour celui, philosophique, de « principe » (*arkhè*), et la raison (*logos*) devance le mythe dans la recherche du « principe du tout » cosmologique¹⁸.

1.2.2 De Signis de Théophraste

De Signis (traduit « Les signes du temps ») fait de Théophraste, contemporain d'Aristote, une figure incontournable de la météorologie antique.

L'essai de Théophraste frappe et se démarque du travail d'Aristote par son caractère prédictif. Plutôt que de promouvoir une compréhension systémique de la météorologie, qui éventuellement permet de raisonner sur ce qui se passe dans l'atmosphère, il émet la possibilité d'anticiper l'état

¹⁷ Aristotle & Webster, Livre II, Partie 2, s.d.

¹⁸ Robredo, 2008, p.6

du ciel, de décoder la prévalence future d'évènements atmosphériques par l'observation directe et locale de signes avant-coureurs. *De Signis* se présente donc comme un répertoire de phénomènes annonciateurs de pluie, de vent, de tempête, ou de beau temps, autant d'avertissements météorologiques qui sont exposés comme des affirmations successives à prendre ou à laisser : « des hirondelles effleurant leur ventre à la surface des eaux d'un lac est synonyme de pluie », « un chien se roulant frénétiquement sur le sol signale l'arrivée de vents forts », « le soleil se couchant dans le brouillard est annonciateur de tempête », etc.¹⁹

Comme chez Aristote, la véracité du contenu varie²⁰, de sorte qu'on pourrait douter de la pertinence de l'ouvrage ; les liens de causalité établis sont-ils le fruit d'un travail d'observation assidu, ou a-t-on affaire à une liste de concordances fortuites, symptomatiques d'un retour vers la fabulation mythique ?

La conscience que semble avoir l'auteur des failles de son propre travail – il ne garantit d'ailleurs à aucun moment l'exactitude de ses dires – laisse penser que sa démarche, assurément péripatéticienne, s'inscrit dans une pratique critique et raisonnée. Quoiqu'il en soit, Théophraste amène une nouvelle dimension à la météorologie, plus située et immédiate, qui va au-delà de la recherche de principes architectoniques, et nourrit l'espoir d'un apprivoisement quant à l'occurrence des évènements météorologiques par la formation d'un savoir prévisionnel qui se fonde dans l'observation directe de l'environnement plutôt que dans la pensée magique ou la croyance surnaturelle.

¹⁹ Sider & Brunschön, 2007, pp.69-73

²⁰ Mayhew, 2007

1.3 Astrométéorologie médiévale et retour de l'interprétation surnaturelle

Jusqu'au 16^{ème} siècle, les traditions météorologiques venues de l'Antiquité sont encore bien présentes²¹ ; la voie aristotélicienne, qui use du *logos* pour décrire le fonctionnement des systèmes météorologiques, et les dictons météorologiques populaires, dérivés de la traduction de *De Signis* et autres ouvrages similaires, constituent des piliers notables.

Malgré que ces héritages aient contribué à l'aplanissement de la pensée mythopoïétique, la domination de l'Église au Moyen-Âge et l'épanouissement de l'astronomie à la Renaissance ravivent la recherche de réponses dans les hauteurs célestes. Dans ce contexte, une autre pratique se développe entre nos deux piliers antiques : l'astrométéorologie.

Pour Le Prado-Madaule, l'astrométéorologie, qui se sert de l'analyse des alignements planétaires pour décrire et prédire le temps, est une des branches majeures de la science météorologique au 16^{ème} siècle²². Les astrométéorologues participent à la volonté renaissante de percer les secrets de la nature, mais y intègrent une dimension divine qui crée une ambiguïté, puisqu'elle est sujette à un glissement vers le surnaturel. En faisant de la connaissance météorologique un moyen d'appréhender le message de Dieu, l'astrométéorologie devient vecteur d'une pensée superstitieuse qui la rend vulnérable à des dérives interprétatives. Cette vulnérabilité se démontre lorsqu'une suite d'évènements climatiques extrêmes se produisent en Europe (gelées hivernales, étés pourris, etc.) dès 1520 :

Ainsi l'enchaînement dramatique de mauvaises conditions météorologiques provoque-t-il une vague d'interrogations profondes tant sur la puissance que sur le rôle des éléments naturels. Dans un contexte d'attente mystique, l'atmosphère est plus que jamais un sujet de préoccupation constante pour des hommes qui y cherchent autant les raisons d'espérer ou de craindre pour leur vie quotidienne que des messages divins, clés de leur sauvegarde éternelle. Les prévisions des astro[météoro]logues, même génératrices de panique, même reconnues comme fausses par l'expérience, semblent préférables à l'incertitude pour une époque désireuse de déchiffrer le message secret de la nature²³

²¹ Scofield, 2010

²² Le Prado-Madaule, 1996, p.180.

²³ Ibid, p.183

Le caractère exceptionnel de la météo nourrit la rumeur diffuse, entretenue par les astrométéorologues, qu'un bouleversement irréversible de la nature est en marche, un sentiment qui se voit chronifié par l'apparition, entre 1565 et 1574, d'un petit âge glaciaire. Progressivement, l'astrométéorologie devient le véhicule d'une vision eschatologique de l'avenir qui débouche sur une recrudescence des violences, ainsi que sur la croyance que l'air et le ciel seraient « corrompus »²⁴.

À partir de 1580, l'excessivité des prédictions astrométéorologiques finit par soulever la controverse. Les astrologues sont de plus en plus associés à la sorcellerie, et leur savoir prévisionnel est décrédibilisé, voire puni. On retourne à une vision dédramatisée des aléas atmosphériques, distante des interprétations religieuses. Les états du ciel sont perçus comme une œuvre divine digne d'émerveillement et de glorification, dans un amour sincère pour la création qui préfigure la pensée éclairée des Lumières, et crée un terrain propice à l'émergence de la météorologie expérimentale dès la fin du 16^{ème} siècle.

²⁴ Le Prado-Madaule, 1996, p.190

1.4 L'atmosphère, sujet d'une double prédisposition poétique ?

Plusieurs millénaires ont été traversés en quelques pages, et il est évident que nous ne saurions prétendre ici à une analyse approfondie du rapport entre homme et météorologie, ou entre homme et environnement. Ce que cet aperçu-éclair souhaite toutefois soulever, c'est qu'il semble exister chez l'Homme, jusqu'au 16^{ème} siècle, une tendance à l'interprétation irrationnelle ou mystique dans sa confrontation avec les événements météorologiques, que même le *logos* aristotélicien n'est en mesure d'épuiser totalement.

Cette tendance semble se justifier par certaines caractéristiques propres aux événements atmosphériques.

D'un côté, leur récurrence favorise l'établissement de corrélations ; les précipitations, les vents, les arcs-en-ciel, les nuages avec leurs formes et couleurs distinctes, tout cela forge un *lexique* météorologique à la fois suffisamment large pour que l'Homme puisse y percevoir une variété sémiotique, et suffisamment étroit pour que leurs apparitions respectives s'accompagnent d'une possible reconnaissance de « motifs ». Face à ce caractère répétitif, l'imprévisibilité quant à la prévalence des événements météorologiques reste presque totale ; bien que l'on sache qu'en tout temps un épisode de grêle ou de puissantes rafales *puissent* se manifester, le moment précis de leur occurrence ne peut dépasser l'ordre de l'approximatif.

Ce jeu entre prévisible et imprévisible maintient l'Homme dans l'expectative, dans une sorte d'attente convenue où l'appréhension le pousse à rester à l'affût du moindre signe capable d'augmenter sa compréhension des événements et de l'aiguiller dans une éventuelle préparation aux conditions imminentes à affronter. Or ceci, couplé au fait que l'échelle et la puissance des forces météorologiques garantissent un effet spectaculaire et impressionnant sur le vécu humain, place la météorologie dans une position idéale pour l'interprétation surnaturelle. Dans ce contexte, il n'est pas surprenant que les aléas atmosphériques aient d'abord été appréhendés comme des messages ou volontés d'entités supérieures par une humanité en quête de sens :

L'atmosphère est donc, par essence, le lieu des présages, des « prognostiques » des choses à venir puisque son mouvement naturel établit une relation constante entre le ciel et l'humanité et donc par extension l'histoire de celle-ci ²⁵

Ainsi, l'atmosphère est poétique en ce qu'elle recouvre des potentialités pour l'interprétation et l'invention de récits. Elle est intrinsèquement poétique par son lien immémorial à la fabulation.

Mais une poésie d'un autre ordre se cache dans l'atmosphère, en ce que les phénomènes qu'elle héberge suscitent un mélange d'admiration, de crainte, et de fascination lorsque l'Homme s'y voit confronté. Dans cette culmination de l' « awe »²⁶, dans cette sidération, se cache une poésie plus silencieuse, plus pure et fondamentale, plus rare et fugace. Cette dernière précède toute tentative d'explication ou d'interprétation, qu'elle soit raisonnée ou fabulée, et repose dans l'étonnement incrédule, dans l'émerveillement stupéfait face aux manifestations du naturel.

Ainsi, il est important de comprendre que l'atmosphère renferme deux types de poétiques : une première « littéraire » ou « narrative », qui se justifie par les variations météorologiques et le vocabulaire qu'elles forment, et une seconde « sensible », qui trouve sa légitimité dans la beauté immédiate, dans la puissance et le mystère inhérents aux phénomènes atmosphériques.

²⁵ Le Prado-Madaule, 1996, p.185

²⁶ "awe" est difficilement traduisible, d'où sa mention ici en anglais. Elle mélange l'étonnement et la peur, l'admiration et l'effroi. Elle se rapporte au sublime romantique.

CHAPITRE 2

LES OBJETS TECHNIQUES, NOUVEAUX MÉDIATEURS DE LA CONNAISSANCE ATMOSPHÉRIQUE

“When you can measure what you are speaking about, and express it in numbers, you know something about it; but when you cannot measure it in numbers, your knowledge is of a meagre and unsatisfactory kind . . .”

William Thomson, 1889

Du moment que la diversité atmosphérique cesse d’être effrayante, elle suscite donc l’admiration, justifiant d’autant plus la nécessité d’en faire un objet d’études rapprochées. Pour ce faire, la conception d’*instruments* de mesure, ancêtres de nos chères machines de monitoring, devient bientôt indispensable, et la technique s’insère durablement entre l’homme et la connaissance atmosphérique.

2.1 Les débuts de la science atmosphérique ou quand préoccupation métaphysique devient énigme hydrostatique

2.1.1 L’invention du baromètre, garant de la reconnaissance de l’atmosphère

Avec celle du thermomètre, la mise au point du baromètre esquisse une météorologie nouvelle, à l’approche expérimentale et ainsi véritablement « scientifique »²⁷. Pourtant, ce qui a pu motiver la création du baromètre est à chercher dans un registre différent, qui apparaît aujourd’hui comme éloigné de préoccupations scientifiques.

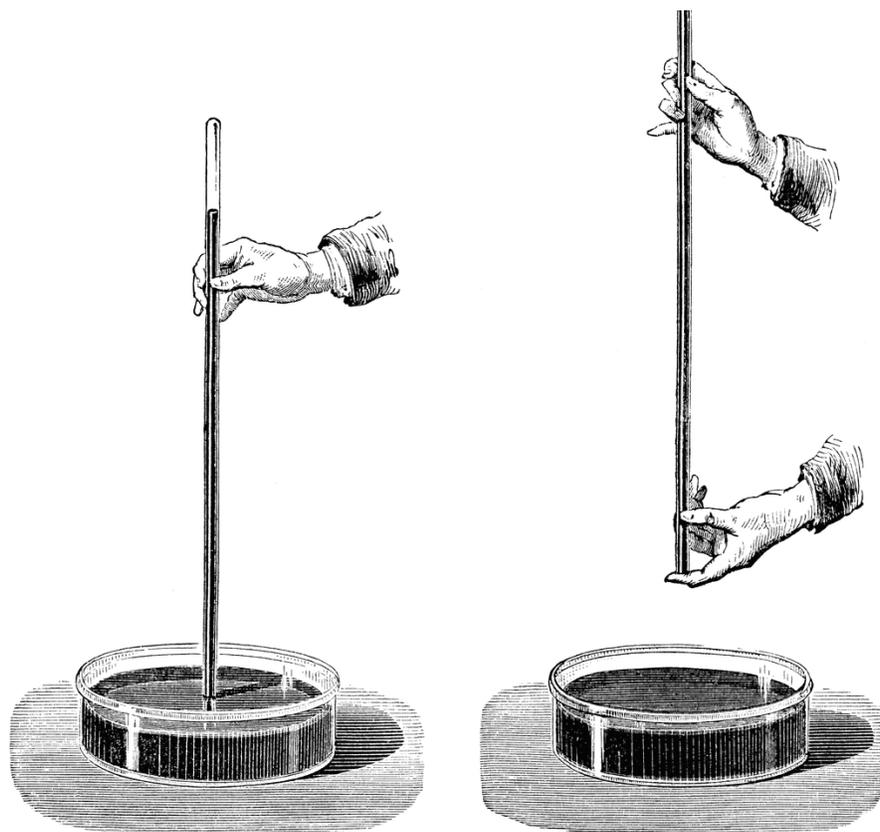
En effet, le baromètre a d’abord servi à requestionner le dogme, jusque-là indétrônable, de l’impossibilité d’un vide. Introduite par Aristote à l’Antiquité, l’idée que le vide ne pouvait exister, et même que « la nature avait horreur du vide » (*horror vacui*) et cherchait à l’éviter à tout prix,

²⁷ « Meteorology as a science can hardly be said to have existed before the invention of the barometer and the thermometer » (Middleton & Spilhaus, 2018, p.9)

avait fait son chemin jusqu'au 17^{ème} siècle²⁸. La plupart des savants de l'époque, René Descartes compris, adhéraient à ce dogme et s'accordaient à le perpétuer conformément aux volontés de l'Église.

En 1644, la désormais fameuse "expérience barométrique" de Torricelli annonce l'abandon progressif de cette théorie.

Figure 2.1- Expérience barométrique de Torricelli



A. Privat Deschanel *Elementary Treatise on Natural Philosophy Part I. Mechanics, Hydrostatics, and Pneumatics* (New York: D. Appleton and Company, 1884) 141
Récupérée sur : https://etc.usf.edu/clipart/53700/53703/53703_torricellian.htm

²⁸ Middleton & Spilhaus, 2018, p.10

On remplit une fiole de verre avec du mercure, que l'on scelle à son extrémité avec un doigt. Cette dernière est ensuite retournée, son extrémité scellée plongée dans un bassin de mercure. Lorsque l'on enlève le doigt de l'ouverture, une quantité bien précise de mercure tombe dans le bassin. Un espace se crée par conséquent à l'intérieur, en haut de la fiole. Pour les vacuistes, cet espace est du vide, et pour les plénistes, il est une énigme ; peut-être de l'air, de l'éther, ou le « spectre » du mercure, mais sûrement pas du vide.

La cause sous-jacente de ce phénomène non plus ne trouve pas d'explication. Pourquoi la fiole ne se vide-t-elle pas plus, ou même entièrement de son contenu, jusqu'à atteindre le niveau de mercure retrouvé dans le bassin ? Est-ce la nature qui lutte contre la création d'un vide trop grand dans la fiole ?

Pour Torricelli, il est clair que le poids de l'air, pressant sur le dessus du bassin de mercure, est à incriminer ; la colonne de mercure est en équilibre, maintenue entre la pression de l'air ambiant et celle, inexistante, du vide. Dans une lettre à son collègue Michelangelo Ricci écrite en 1644, on remarque que Torricelli est en avance sur ses prédécesseurs, car conscient du poids considérable de l'air, de son élasticité, et de la présence d'un air « plus pur » en haute montagne ²⁹.

Dans cette même lettre, le savant dit souhaiter concevoir un instrument qui puisse, au-delà de créer un vide, servir à *montrer les variations de l'air*. C'est ainsi que l'on peut attribuer l'idée originale du baromètre en tant qu'instrument de mesure à Torricelli³⁰. Autrement dit, même si d'autres scientifiques ont contribué à la démonstration du vide et à l'élaboration du baromètre, Torricelli est le premier à se convaincre que les variations de pression de l'air valent la peine d'être exposées par le biais d'un dispositif métrologique dédié.

Les mesures performées avec le baromètre de Torricelli permettent rapidement d'établir que « le mercure ne change pas en fonction des altérations de l'air qui est directement autour de lui, mais en fonction de celles de l'air d'une région bien plus étendue »³¹ ; à travers ces variations d'échelle

²⁹ Middleton & Spilhaus, 2018, pp.11-13

³⁰ Middleton & Spilhaus, 2018, p.18

³¹ Ibid. p.17

territoriale, on reconnaît pour la première fois l'air ambiant comme cette entité immense, enveloppante qu'est l'atmosphère.

2.1.2 La pompe à air de Boyle : le vide comme espace de démonstration expérimentale

Le tube de Torricelli trouve son chemin jusqu'en France, puis en Angleterre. Forte de la récente fondation de sa Royal Society ou *Royal Society of London for the Improvement of Natural Knowledge*, Londres devient pour un temps l'épicentre de la science expérimentale. L'attention réservée à l'invention de Torricelli y bat des records, et c'est d'ailleurs à cet endroit que le nom de « baromètre » lui est officiellement attribué en 1663. Malgré cela, le développement de météorologie moderne reste timide, car les vives préoccupations autour de l'existence du vide et de ses propriétés occultent la pertinence d'une pratique basée sur la mesure. Ce constat s'incarne dans l'introduction d'un nouvel instrument : la pompe à air de Robert Boyle (Fig. 2.2).

Figure 2.2 – La pompe à air de Boyle



Tiré de : Koumara, Anna. (2019). History of pressure implemented in a Nature of Science Professional Development Program for science teachers. (https://www.researchgate.net/figure/Boyle-first-air-pump_fig2_334612191)

Le fonctionnement de la pompe à air de Boyle est relativement simple. Elle se compose d'une sphère creuse en verre, maintenue sur un genre de trépied, de laquelle l'air peut être soustrait progressivement à l'aide d'une manivelle.

Le large espace que constitue la sphère de verre caractérise la pompe à air, et la distingue du tube de Torricelli. Grâce à elle, le vide devient bien plus qu'un phénomène minuscule, apparaissant à l'extrémité d'un tube ; il est désormais un espace expérimental accessible, dans lequel des objets, ou même des êtres vivants, peuvent être déposés, puis soumis à une raréfaction progressive de l'air. Cette accessibilité se révèle dans la transparence du verre, qui permet une observation limpide des effets du vide sur les sujets d'expérimentation.

2.1.3 Resserrement et démonstration, naissance d'une poétique de l'étonnement scientifique

La mention du baromètre et de la pompe à air met en exergue le changement d'échelle qui s'opère dans la conception de la météorologie entre le 16^{ème} et le 17^{ème} siècle. D'une ampleur initialement envahissante, et appréhendée à travers la construction de mythes cosmologiques ou la formulation de principes architectoniques, la météorologie se retrouve, dès l'introduction de ces instruments, ancrée dans un ici-bas proximal et saisissable, et contenue dans des espaces d'expérimentation paradoxalement restreints. L'incertitude d'ordre conceptuel et métaphysique qui motive la conception du baromètre – l'horreur du vide – migre, de manière assez surprenante, vers une problématique ultra-localisée et concrète de mécanique de fluides.

Ce « resserrement » induit par les instruments, dans lequel s'annonce également une métamorphose de la météorologie aristotélicienne en une science proprement atmosphérique, s'accompagne d'une focalisation sur les interactions entre technique et environnement. Dans ces interactions se dévoilent les lois de la nature, et en ce sens, les instruments qui inaugurent la science atmosphérique ne sont pas tant valorisés pour leur qualité météorologique que pour leur potentiel démonstratif. De fait, le baromètre de Torricelli est rapidement éclipsé par la pompe à air, dont la sphère transparente en fait un instrument taillé pour la démonstration à de petites audiences (Fig. 2.3).

Figure 2.3 – An Experiment on a Bird in an Air Pump (1768), par Joseph Wright of Derby



Huile sur toile 183x244 cm. London National Gallery. Récupérée sur : <https://www.nationalgallery.org.uk/paintings/joseph-wright-of-derby-an-experiment-on-a-bird-in-the-air-pump>

C'est cet objet qui, bien qu'il ne *mesure* rien, devient l'emblème de la nouvelle philosophie expérimentale en sciences³². En témoignent les abondantes et glorieuses représentations iconographiques de la pompe à air, et la systématique présentation dont en sont gratifiés les hauts dignitaires lors de leur passage en territoire anglais :

The air-pump was the unfailing pièce de résistance of the incipient scientific laboratory. Its wonders were inevitably displayed whenever a grandee graced a scientific assembly with his presence. After the chemist's furnace and distillation apparatus it was the first large and expensive piece of equipment to be used in experimental

³² Helden & Schaffer, 2008, p.171

practice. [...] Boyle's air-pump together with Hooke's microscope constituted the show pieces of the [Royal] Society; when distinguished visitors were to be entertained, the chief exhibits were always experiments with the pump. ³³

Ainsi l'instrument scientifique du 17^{ème} siècle est un instrument qui trouve sa consécration dans ses qualités démonstratives plutôt que dans une quelconque capacité à générer des mesures rigoureuses. Les avancées scientifiques ne dépendent pas tant d'une comparaison entre mesures quantitatives (de toute manière, cette dernière est impossible, car la conception de chaque instrument s'accompagne d'une pléthore de spécifications qui pose des problèmes de compatibilité pour la métrologie) que d'une confrontation qualitative entre scientifiques des résultats de leurs expérimentations. Ainsi la force cohésive de l'intersubjectivité ³⁴, certainement catalysée par le plaisir de se réunir pour s'émerveiller autour des mystères naturels, fait oublier pour un temps les carences de compatibilité entre instruments.

La réduction des échelles a également des conséquences pour la poétique. En fin de premier chapitre, nous évoquons deux types de poétiques – une « narrative », l'autre « sensible » - contenue dans l'atmosphère. La démonstration instrumentale se rapproche de la poétique par les sens, car elle procède, comme cette dernière, d'un étonnement face aux phénomènes. Cependant, la réduction des échelles dissocie cet étonnement de la crainte qui le caractérisait initialement, débouchant sur une poétique des phénomènes qui reste sensible, mais qui, libérée de la peur, se pare d'un positivisme « typiquement scientifique », d'un enthousiasme jusqu'alors inégalé dans la confrontation aux phénomènes atmosphériques.

³³ Shapin & Schaffer, 1985, p.30

³⁴ Himbert, 2009, p.28

2.2 Registres et enregistrement, prémisses du monitoring atmosphérique

2.2.1 La « Method » hookéenne ou l'impératif d'une mesure répétée et reproductible

L'enjeu de l'incompatibilité relative finit toutefois par limiter les avancées scientifiques, et vient le temps de mettre en place des solutions. En 1663, Robert Hooke, déjà mandaté par la Royal Society pour effectuer des bulletins météorologiques quotidiens, constate qu'en l'absence de normes établies, toute tentative d'accumuler des données sur la durée est, au vu des ambitions de la science moderne naissante, vaine. Il propose alors, dans son papier *A Method for Making a History of the Weather*, une méthodologie codifiée pour l'observation systématique des conditions météorologiques :

These were guidelines for creating a weather diary [...]. Hooke advised keeping the information in a bound volume and dividing each page into nine columns "distinguished by perpendicular lines." The columns would be for: the date; "the Place, Latitude, Distance, Ages and Phaces of the Moon"; the direction and force of the wind; the temperature in degrees from a thermometer; "the Dryness and Moisture" of the air, read from a hygrometer [...]; the air pressure, from a barometer; "the faces and appearances of the Sky"; "the Effects of the Weather upon other bodies, Thunders, Lightnings, or any thing extraordinary"; and finally "general Deductions, Corollaries or Syllogisms, arising from the comparing the several Phœnomena together." In the eighth column, intended for the "Effects of the Weather upon other bodies" and other information, the observer should note "the unusual sprouting, growth, or decay of any Plants or Vegetables," and "the plenty or scarcity of Insects; of several Fruits, Grains, Flowers, Roots, Cattel, Fishes, Birds, any thing notable of that kind." The arrangement of the record into columns was to enable the information to "be registred so as to be most convenient for the making of comparisons, requisite for the raising Axioms, whereby the Cause or Laws of Weather may be found out."³⁵

On ne peut dans un premier temps qu'être frappé par l'exhaustivité de la suggestion de Hooke ; sa méthode glisse la météorologie jusque dans les effectifs d'insectes ou le pourrissement de légumes !

Plus déterminante pour notre réflexion est la mention du baromètre, du thermomètre, et de l'hygromètre dans la description de la méthode. Elle nous permet de constater que les qualités

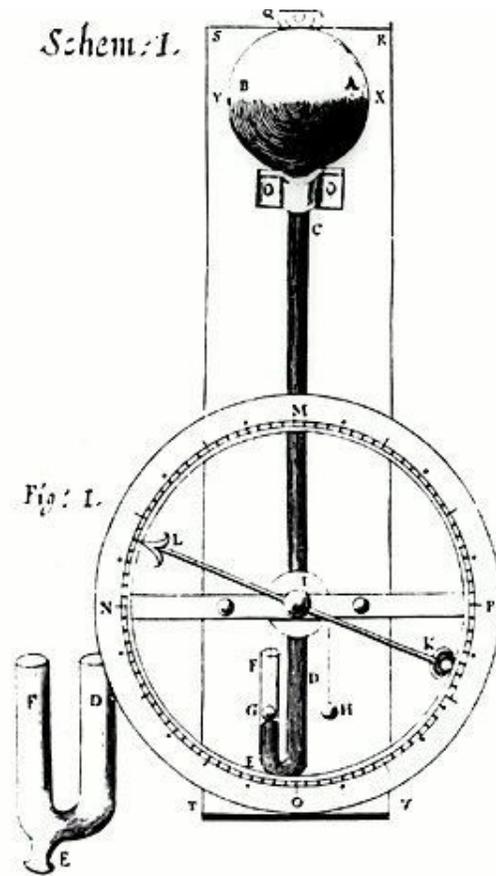
³⁵ « Meteorological Observation in the 18th and Early 19th Centuries », 2020.

démonstratives des instruments comme la pompe à air ne suffisent plus ; la « Method » instaure l'impératif d'une standardisation qui ne peut se réaliser qu'à travers la mesure quantitative.

La prise de mesures quantitatives, répétée quotidiennement, devient dès lors l'ingrédient immanquable des registres, capable d'étendre l'analyse dans le temps. En dotant l'information d'une *mémoire*, le relevé systématique des mesures apparaît comme l'ingrédient qui change tout dans la recette du dévoilement des secrets de la nature, puisqu'il permet l'observation de tendances sur le long cours, l'étude de variations environnementales sur une échelle temporelle enfin supérieure à celle du momentané. Cette puissance épistémologique s'affirme d'autant plus si la rédaction des registres est pratiquée collectivement et en réseau. Aussi Hooke décrit-il minutieusement le baromètre à cadran (Fig. 2.5) qu'il utilise dans sa propre démarche scientifique pour s'assurer de la reproductibilité de sa proposition par ses lecteurs³⁶.

³⁶ Robert Hooke Society, s. d.

Figure 2.4 – Baromètre à cadran de Hooke

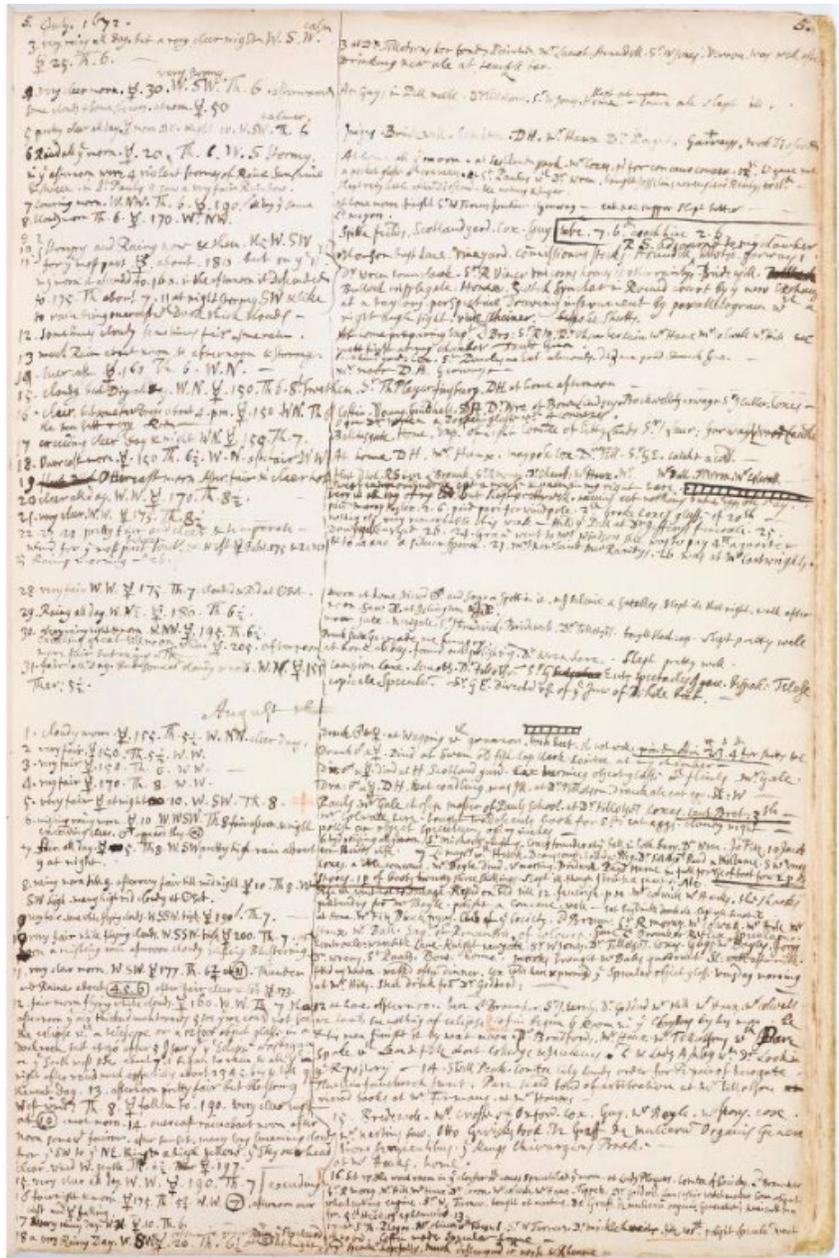


Récupéré sur : <https://hookeslondon.files.wordpress.com/2012/03/wheel-barometer2.jpg>

En effet, la *Method*, pour être efficace, présuppose un engagement collectif, soit qu'un grand nombre d'individus se dédient à la rédaction de registres. Histoire de montrer l'exemple, Hooke s'attelle d'ailleurs lui-même à la rédaction d'un impressionnant journal personnel (Fig. 2.4) où se côtoient rapports de ses activités quotidiennes, dominantes planétaires du moment, notes

météorologiques, prévisions affichées par son baromètre, états d'âme, ou tout autre information qu'il juge digne d'être soulignée.

Figure 2.5 – Extrait du journal personnel de Robert Hooke



Récupéré sur : https://www.intoxicatingspaces.org/wp-content/uploads/sites/24/2021/08/hooded_3.png

Le journal de Hooke, qu'il tiendra minutieusement pendant plus de dix ans, révèle - derrière un homme que beaucoup qualifiaient d'irritable, colérique, rongé par le cynisme et la mélancolie, voire antisocial³⁷ - un scientifique brillant et entièrement dévoué à la mission de connaissance de la nature, mais aussi, du Soi en interaction avec elle :

The diary should be read, I propose, not as an "after-hours" incidental activity removed from his professional and intellectual life; both its form and its content suggest that he chose to record a self that was as subject to scientific scrutiny as the rest of nature and that he thought that such a record could be applied to producing, in the end, a fully objective "history" with himself as the datum. ³⁸

2.2.2 Météorographie et enregistrement automatisé

Les registres constituent des biens inestimables pour l'avancement des sciences et de la prédiction météorologique, et ils seront utilisés pour reconstituer certains événements extrêmes (tempêtes, etc.) situés temporellement et géographiquement³⁹. Toutefois, leur rédaction suppose un investissement en temps et en énergie considérables. Les valeurs de chaque paramètre doivent être retranscrites jour après jour. Une visite quotidienne auprès de chaque instrument doit être effectuée.

Les membres de la Royal Society entrevoient le potentiel de l'instrumentation pour pallier à ce problème. En hiver 1663, Christopher Wren, un des plus proches amis de Hooke, présente son esquisse pour une « horloge météorologique » ; autour d'une horloge centrale, cinq instruments (un baromètre, un thermomètre, un pluviomètre, un hygromètre, et un anémomètre) sont pour la première fois regroupés, puis synchronisés à une horloge mécanique, ainsi qu'à un système de retranscription graphique (Fig. 2.6). Immédiatement, Hooke est pressenti pour faire du dessin de son collègue une réalité. Il complètera la fabrication de la « Weather Clock » en 1679⁴⁰, et, sans le savoir, donnera ainsi naissance au tout premier *météorographe*.

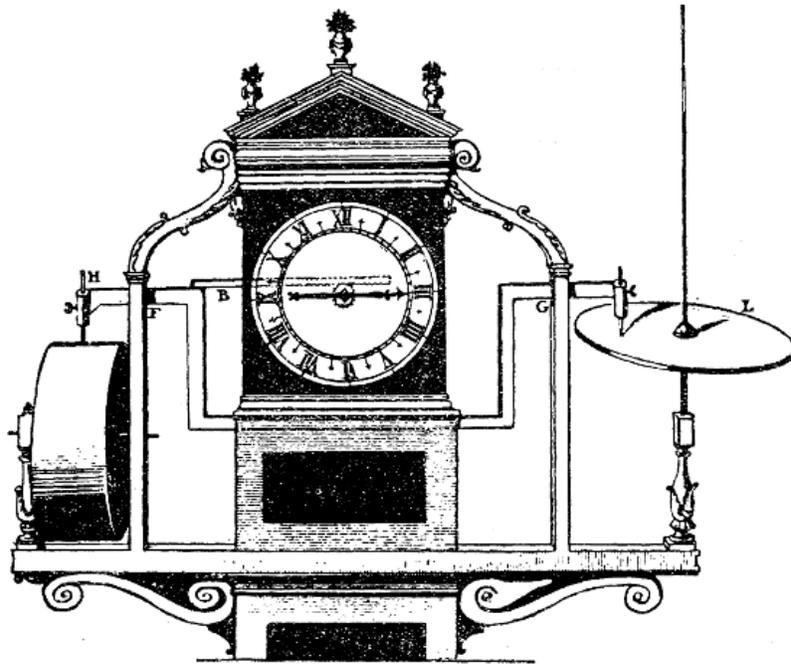
³⁷ « Robert Hooke », 2022

³⁸ Mulligan, 1996, p.312

³⁹ Multhauf, 2010, p.96

⁴⁰ Mihailescu, 2019

Figure 2.6 – “Weather Clock” de Christopher Wren



Récupérée sur : <https://www.gutenberg.org/files/32482/32482-h/images/i100.png>

Parce qu'il libère de la contrainte de la tenue manuelle des registres par le biais d'un système d'enregistrement automatisé, cet appareil peut aussi être considéré comme la toute première machine de monitoring atmosphérique. Malheureusement, et malgré le véritable tour de force qu'a représenté sa réalisation, la « Weather Clock » ne fera pas ou peu d'émules⁴¹ ; les détails de sa conception sont flous, portant atteinte à toute tentative de reproduction.

Le monitoring atmosphérique connaît alors une longue traversée du désert jusqu'au milieu du 19^{ème} siècle. En 1833, le physicien et glaciologue écossais J.D. Forbes déplore d'ailleurs cette inertie et appelle à mettre en place les conditions nécessaires pour arriver à une vision plus globalisée de la météo :

The unity of the whole [...] is not always kept in view, even as far as our present very limited general conceptions will admit of: and as few persons have devoted their whole attention to this science alone [...] no wonder that we find strewed over its irregular and far-spread surface, patches of cultivation upon spots chosen without discrimination and treated on no common principle, which defy the improver to inclose,

⁴¹ Multhauf, 2010, p.103

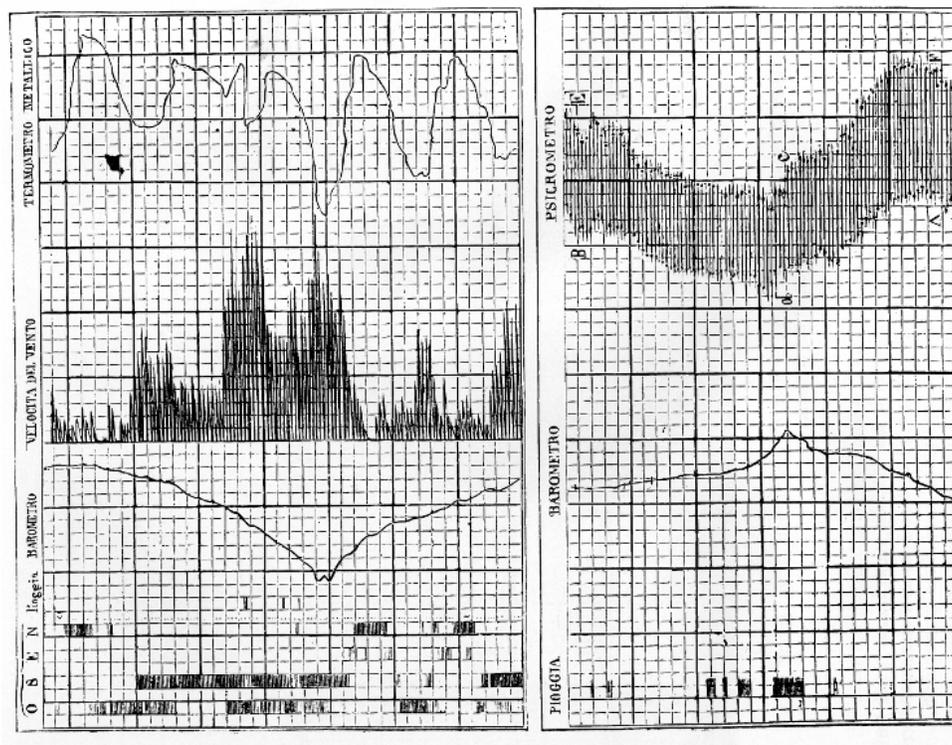
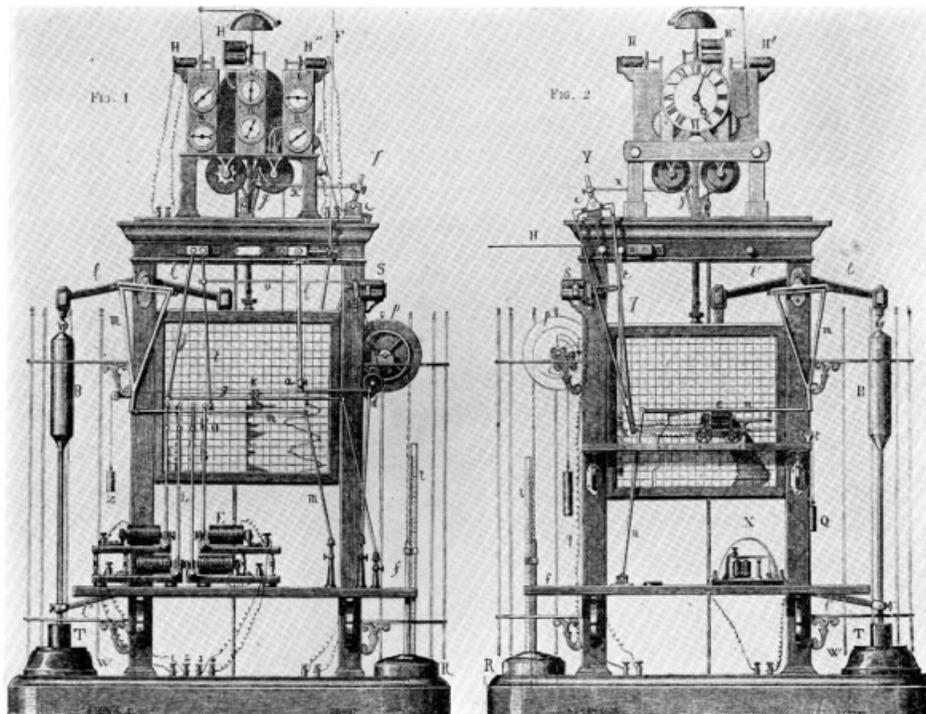
and the surveyor to estimate and connect them. Meteorological instruments have been for the most part treated like toys, and much time and labor have been lost in making and recording observations utterly useless for any scientific purpose. [...] The most general mistake probably consists in the idea that meteorology, as a science, has no other object but an experimental acquaintance with the condition of those variable elements which from day to day constitute the general and vague result of the state of the weather at any given spot; not considering that... when grouped together with others of the same character, [they] may afford the most valuable aid to scientific generalization⁴²

Face à ce manque de généralisation, les météorographes apparaissent comme une solution à l'impasse. En un peu plus d'une décennie, cinq systèmes auto-enregistreurs différents sont développés au sein d'observatoires météorologiques, facilités par le perfectionnement des instruments de base (thermomètre, baromètre, anémomètre) qui se poursuit en parallèle⁴³. Des instruments originaux qui mélangent innovation et héritage technologique, comme l'impressionnant météorographe de Secchi (Fig. 2.7 et 2.8) font alors leur apparition.

⁴² Forbes, 1833, pp. 196-197

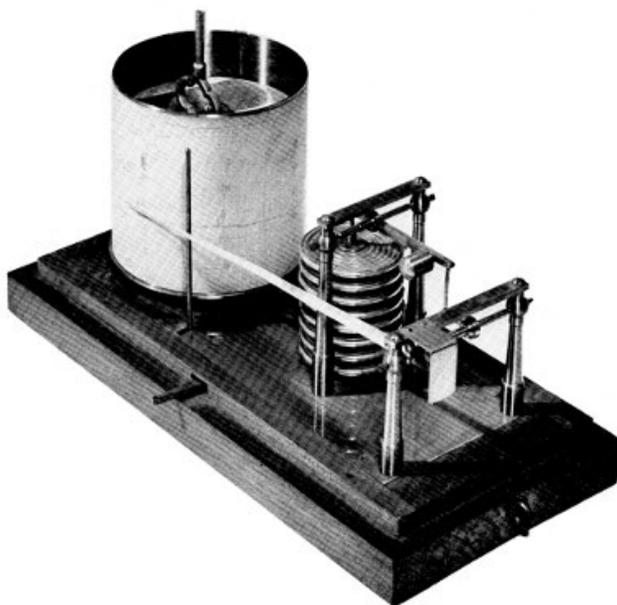
⁴³ Multhauf, 2010, p.106

Figures 2.7 – Météorographe d'Angelo Secchi, vues avant et arrière (1867, en haut), avec son relevé (en bas)



À partir de 1875, la majorité des observatoires météorologiques sont équipés de systèmes d'enregistrement automatisés, et l'attention des inventeurs se tourne vers la simplification des instruments de monitoring atmosphérique, résultant en la conception d'objets plus sobres, d'échelle réduite (Fig. 2.9)⁴⁴.

Figure 2.8 - Barographe des frères Richard (1888)



Récupéré sur : <https://www.gutenberg.org/files/32482/32482-h/32482-h.htm>

2.2.3 Conséquences de la mesure standardisée sur la poétique : un aplanissement de l'étonnement

Ce que la pratique de rédaction des registres d'abord et l'introduction de l'enregistrement mécanisé ensuite révèlent, c'est que, à terme, l'avancement des connaissances météorologiques dépend d'une répétition, d'une standardisation et d'une universalisation des pratiques de mesure atmosphérique. En effet, il devient évident que, parce qu'ils sont de l'ordre du continental, voire du planétaire, la bonne compréhension des mécanismes météorologiques demande un effort scientifique collectif et étendu à la fois dans le temps et dans l'espace. Or, cette normalisation entraîne également un évanouissement du caractère exceptionnel dans la confrontation aux

⁴⁴ Multhauf, 2010, p.114

phénomènes atmosphériques qui était propre à la science démonstrative ; alors que la pompe à air « créait l'évènement » autour des phénomènes, des événements ponctuels et singuliers dans leurs conditions spatiotemporelles, les météorographes performant une mesure répétée et délocalisée qui discrétise et banalise le regard sur les phénomènes. Dès lors, la poétique par le sensible s'aplanit dans la mesure systématisée, car l'étonnement qui la nourrit y semble redistribué, alors qu'il était condensé en temps et en lieu dans les pratiques de démonstration.

2.3 Évolutions techniques, quels impacts sur la poétique?

Pour comprendre comment les évolutions techniques susmentionnées ont impacté la poétique du monitoring atmosphérique, nous proposons de revenir sur ces évolutions, puis de les éclairer à la lumière des réflexions de deux philosophes particulièrement intéressés à la question de la technique : Gilbert Simondon et Martin Heidegger.

2.3.1 Fracture gestuelle et fracture perceptuelle : une double prise de distance aux instruments

Nous avons qualifié le baromètre de Torricelli et la pompe à air d'instruments avant tout axés sur une *démonstration*. Cet objectif démonstratif maintient un lien au geste qui disparaît lorsque Hooke introduit sa méthode. En effet, la démonstration perd son intérêt lorsqu'apparaît la pratique de tenue de registres manuscrits, car cette pratique est individuelle, et ne peut trouver un aspect collectif que dans une délocalisation permise par la reproductibilité de la « Method ». Dans ce contexte, le pouvoir rassembleur des instruments par la démonstration qualitative et locale se tourne vers un pouvoir de participation décentralisée par la prise de mesures quantitatives. Cette dernière s'accomplit sans grand besoin d'assistance, et réduit l'implication du scientifique dans le processus épistémologique à un relevé métrologique, annulant par-là même la nécessité de prise en main qui caractérisait l'outil de démonstration. Ainsi la rédaction de registres telle que suggérée par Hooke, bien que déterminante dans l'avancement de la science météorologique, s'accompagne indirectement d'une prise de distance à la machine, qui veut que le travail du scientifique ne doive plus obligatoirement s'accompagner d'une manipulation instrumentale, mais puisse s'arrêter à une lecture des niveaux de mercure.

Cette prise de distance partielle, d'ordre gestuel, se creuse davantage lorsque les relevés manuscrits sont à leur tour remplacés par un système d'enregistrement automatique, car s'il est

naturel d'envisager un moyen d'échapper à la « corvée » du registre manuscrit, assigner à la machine la responsabilité du relevé représente une libération par la technique qui, au-delà d'une victoire sur les limites temporelles de la réalité humaine et d'une accélération des développements scientifiques, signifie une substitution de l'homme au travail de mémoire. Aussi l'enregistrement automatisé de l'information fait-il tomber toute obligation de *présence* à la machine, et par extension, aux phénomènes mesurés ; l'homme peut désormais s'éclipser en laissant le soin aux moniteurs d'accumuler les données en son absence.

Le remplacement du relevé manuscrit par l'enregistrement automatique creuse ainsi l'écart qu'a initié l'automatisation de la mesure. Autrement dit, la fracture liée au geste se prolonge dans toute la sphère perceptuelle, puisqu'à travers la départition du travail de mémoire via le relevé automatique émerge la possibilité d'une désynchronisation totale – en temps et en lieu - entre l'occurrence des phénomènes et leur perception par l'homme.

2.3.2 Simondon : technique moderne et modification des modalités du progrès

Pour le philosophe Georges Simondon, le rapport à la perception s'inscrit dans la définition même de *l'instrument*, qui est un « objet technique qui permet de prolonger et d'adapter le corps pour obtenir une meilleure perception »⁴⁵. L'instrument de mesure atmosphérique du 18^{ème} siècle est donc un outil de *perception*, et son utilisation à plein potentiel suppose une dépendance à l'Homme. Dès lors que s'immiscent les fractures au geste et à la perception, comme dans le cas des météorographes, la position de l'Homme face à la technique change :

Le progrès du 18^{ème} siècle est un progrès ressenti par l'individu dans la force, la rapidité et la précision de ses gestes. Celui du 19^{ème} ne peut plus être éprouvé par l'individu, parce qu'il n'est plus centralisé par lui comme centre de commande et de perception, dans l'action adaptée. L'individu devient seulement le spectateur des résultats du fonctionnement des machines, ou le responsable de l'organisation des ensembles techniques mettant en œuvre les machines. [...] Une idée de progrès, pensé et voulu, se substitue à l'impression du progrès comme éprouvé.[...] Le progrès est saisi comme un mouvement sensible par ses résultats, et non en lui-même dans l'ensemble d'opérations qui le constituent, dans les éléments qui le réalisent⁴⁶

⁴⁵ Simondon, 1958, p.114

⁴⁶ Simondon, 1958, p.116

Ainsi, alors que son homologue préindustrielle mise sur un « éprouvement » du progrès qui naît dans l'interaction entre l'homme et l'instrument, la technique moderne se caractérise par un homme physiquement désimpliqué du fonctionnement des machines. Or cette désimplification promeut une idée conceptuelle du progrès « pensé et voulu », stratégiquement anticipé, plutôt que ressenti.

2.3.3 Électronique et réduction des échelles : une troisième fracture dans le rapport à la machine

Lorsque les systèmes de mesure électroniques font leur apparition au milieu du 20^{ème} siècle, cette vision moderne du progrès se chronifie. Si leurs avantages – versatilité, économie, performance - deviennent des prétextes irrésistibles à leur adoption face aux instruments de mesure mécanisés, cette dernière signifie également le passage à des échelles techniques minuscules, bientôt de l'ordre de l'imperceptible.

Cette transformation scalaire induite par l'électronique est à relier à une troisième et ultime fracture entre homme et machine, car la recherche de performance mécanique s'accompagne d'une réduction des échelles techniques qui, plus que d'en faire une simple éventualité, force la disparition des processus de mesure du spectre perceptuel. Les processus de mesure sont rendus définitivement imperceptibles à l'homme, et le plus souvent cloîtrés dans des d'appareils de type « boîte noire » (Figure 2.9) dont la conception sort grande triomphante de l'essor de l'électronique.

Figure 2.9 – Station météorologique, un dispositif qui se veut représentatif des techniques de monitoring atmosphérique moderne



Récupéré sur : https://www.mda.state.mn.us/sites/default/files/inline-images/wxstationcloseup_0.jpg

2.3.4 Heidegger : la technique moderne comme une anti-poétique

Pour Heidegger, la volonté de progrès qui caractérise la technique moderne, soulevée par Simondon, est synonyme d'un « dévoilement provoqué » qui s'oppose à la poïésis que la technique traditionnelle permettait :

Le dévoilement [...] qui régit la technique moderne ne se déploie pas dans en une production au sens de la poiesis⁴⁷. Le dévoilement qui régit la technique moderne est une provocation (Herausfordern) par laquelle la nature est mise en demeure de livrer une énergie qui puisse comme telle être extraite (herausgefordert) et accumulée.⁴⁸

En d'autres termes, la technique traditionnelle trouve sa valeur par ce qu'elle permet de manifester – de « dévoiler - à la conscience et de faire apparaître dans le réel. Tout son intérêt réside dans le processus poïétique (*Dichtung*) par lequel une idée s'extrait du domaine des potentialités, puis s'incarne. Or la puissance des outils modernes court-circuite ce lent processus ; la volonté naïve et relativement désintéressée de production poïétique se voit devancée par une volonté de provoquer des résultats qui passe par une réquisition, une « mise en demeure » (*Herausforderung*) de l'étant. La technique moderne est celle d'un dispositif (*Gestell*), d'un mode de dévoilement programmé à l'avance, et dont la réalisation implique que les choses se présentent comme un stock dont on peut disposer en tout temps⁴⁹. L'exemple que donne Heidegger concernant l'agriculture à ce propos est particulièrement évocateur :

Le travail du paysan ne provoque pas la terre cultivable. Quand il sème le grain, il confie la semence aux forces de croissance et il veille à ce qu'elle prospère. Dans l'intervalle, la culture des champs, elle aussi, a été prise dans le mouvement aspirant d'un mode de culture d'un autre genre, qui requiert (*bestellen*) la nature. Il la requiert au sens de la provocation. L'agriculture est aujourd'hui une industrie d'alimentation motorisée.⁵⁰

Le paysan apparaît ici comme un accompagnateur – « veilleur » - dans le processus technique qu'est la culture des terres, lequel tranche avec l'image de l'exploitant agricole moderne qui, poussé par la loi du rendement, esclavagise ses champs à grands coups de pesticides et de retournements mécaniques.

La réflexion de Heidegger nous permet de supposer que le dévoilement poïétique (*Dichtung*) exhibe, comme leur proximité étymologique le laisse entendre, une compatibilité à la poétique, et qui n'existe pas dans le dévoilement provoqué. En effet, la « mise en demeure » de la nature, son

⁴⁷ Chez Platon, la *poièsis* se définit comme « la cause qui, quelle que soit la chose considérée, fait passer celle-ci du non-être à l'être » (*Le Banquet*, 205 b). La poïétique a pour objet l'étude des potentialités inscrites dans une situation donnée qui débouche sur une création nouvelle. (« Poïétique », 2022b)

⁴⁸ Heidegger, 1958, p.20

⁴⁹ « Heidegger et la question de la technique », 2022a

⁵⁰ Heidegger, 1958, p.21

exploitation, apparaissent comme les parfaites opposées de la sidération ou de l'admiration incrédule qui émerge face aux phénomènes naturels, et que nous avons associé à la poésie sensible en fin de premier chapitre. En ce sens, toute « provocation » (*Herausforderung*) de la nature signifie aussi sa dépoétisation.

2.4 Méta-monitoring I : rétablissement du synchronisme perceptuel

Dans un rapprochement entre les idées de Simondon et de Heidegger, nous formulerons ici l'hypothèse selon laquelle le dévoilement po(i)étique (*Dichtung*) dans la pratique du monitoring atmosphérique ne peut naître que dans un « éprouvement » du progrès. Ce dernier présuppose une synchronisation spatio-temporelle entre perception et phénomènes qui dépend d'une *présence* à la machine ou à l'instrument. Ainsi, la poésie ne peut s'établir que dans une dimension située et sensible. Inversément, nous postulerons que le dévoilement devient provocation (*Herausforderung*) lorsque l'individu troque son ressenti du progrès pour une pure conceptualisation de ce dernier qui s'incarne dans une déconnexion à la machine et, par extension, une désynchronisation en temps et en lieu aux phénomènes. Dans ce cas-ci, la poésie est compromise.

Ainsi, les fractures successives entre homme et objet technique mentionnées plus haut seraient à l'origine d'un triomphe des dispositifs (*Gestell*) qui signifie également une dépoétisation de la mesure atmosphérique, puisque ces derniers compromettent l'« éprouvement » du progrès qui conditionne le dévoilement po(i)étique.

Dans ce contexte, seule une réparation des fractures perceptuelles pourrait aboutir à une repoétisation du monitoring atmosphérique, à un *Méta-monitoring*.

2.4.1 Poétique et re-présentation : l'exemple du Nuage Vert⁵¹

Figure 2.10 – Nuage Vert (2008), par le collectif HeHe



Récupéré sur : http://www.hehe.org/user/pages/02.projets/37.nuage-ver-no-1-helsinki/_media/NV_helsinki66.jpg

29 février 2008. Depuis une semaine, quelque chose d'inhabituel se trame dans le ciel d'Helsinki engourdie. Un objet lumineux, aux contours fluctuants, moitié aurore boréale, moitié ovni, flotte juste au-dessus de la centrale électrique de Salmisaari : un Nuage Vert. S'agirait-il d'un dysfonctionnement de la centrale ? D'émanations radioactives ? D'une manifestation extraterrestre ?

En réalité, le Nuage résulte de quelque chose de bien plus inoffensif (quoique) : une initiative d'artistes. Dans ce projet, le collectif HeHe projette un puissant laser vert sur le nuage de vapeur craché en continu par la centrale. La taille de la projection verte fluctue en fonction de données de production fournies en temps réel ; une diminution de la consommation d'électricité locale

⁵¹ HeHe, 2008

engendre un grossissement du Nuage, et, respectivement, une consommation accrue le réduit à néant. Le Nuage Vert devient ainsi une entité urbaine animée, alimentée par la sobriété énergétique des habitants-consommateurs.

La puissance du laser, ainsi que sa bonne hauteur de projection, visibilisent le Nuage plusieurs kilomètres à la ronde. Ainsi l'installation ne se limite pas à une matérialisation en temps réel des données de consommation électrique ; l'emplacement du Nuage haut dans le ciel, son exposition sans fard aux yeux de tous, devient l'icône honteuse de la demande énergétique, une provocation légère qui fait figure d'invitation à l'action citoyenne ralliée.

Dans ce monitoring rétroactif, la boucle se boucle dans la réjouissance prospective d'assister au spectacle de l'accroissement du Nuage. Le soir du 29 février, le collectif HeHe appelle à « débrancher ». En réduisant collectivement leur demande domestique en électricité, les citoyens deviennent alors à la fois acteurs et témoins d'un transfert, où leur retrait d'un premier système, industriel et dissimulé, en alimente un second, esthétique et tangible. Les liens entre consommation individuelle et production de masse, entre micro-événement et macro-conséquence, sont enfin palpables.

Dans le projet du Nuage Vert, les données quantitatives de consommation électrique, habituellement absentes du monde sensible, sont re-présentées qualitativement, matérialisées en une entité lumineuse de grande envergure, dont l'apparence change en temps réel à l'image des données de monitoring. Le rôle du Nuage équivaut donc à celui du mercure barométrique ; il permet une visualisation évolutive des valeurs dataïques qui est le plus souvent absente dans les machines de monitoring modernes du type « boîte noire ». Cette re-présentation occupe une place centrale dans le projet du collectif HeHe ; le Nuage Vert est le clou du spectacle.

La re-présentation des données sur le fil du momentané restaure ainsi la possibilité de synchronisme perceptif dans le processus métrologique et répare certaines des fractures po(i)étiques évoquées plus haut. En ce sens, la re-présentation repoétise le monitoring en dévoilant au grand jour certains processus habituellement dissimulés, en « ouvrant » la machine. Tout ceci fait muter le monitoring en un *Méta-monitoring*.

2.5 La prédominance des dispositifs, une catastrophe irréversible ?

Le triomphe des dispositifs à l'ère moderne est dépeint par plusieurs philosophes contemporains comme une sorte de catastrophe universelle et irréversible. Heidegger, au-delà de l'associer à une « mise en demeure » de la nature, parle à plusieurs reprises du *Gestell* comme d'un danger, d'une menace, voire d'un « extrême péril »⁵² pour l'humain, qui « subit le contrôle, la demande et l'injonction d'une puissance [...] qu'il ne domine pas lui-même »⁵³. Agamben évoque de son côté une « dissémination »⁵⁴ de l'identité personnelle, associe la prolifération des dispositifs au « corps social le plus docile et le plus soumis qui soit jamais apparu dans l'histoire de l'humanité »⁵⁵. Quant au portrait que fait Michel Foucault des dispositifs, vecteurs insidieux d'une discipline ubiquitaire au sein de la société, il est plutôt effrayant⁵⁶.

Le danger des dispositifs résiderait dans leur fonctionnement autonome, dans une déconsidération de l'Homme qui avait déjà été remarquée par Heidegger, pour qui le *Gestell* précipite l'« oubli de l'être » (*Seinsverlassenheit*)⁵⁷. Pour Agamben aussi, les dispositifs se définissent par une pure activité de gouvernement, mais absente de tout fondement dans l'être⁵⁸.

2.5.1 Le regard de Simondon : réforme culturelle et machine ouverte

Le regard de Simondon à ce sujet est plus balancé. Selon lui, cette position défensive contre la technique moderne est infondée. Elle n'est que l'expression d'une frustration ou d'une peur irrationnelle que l'homme éprouve du moment que la machine le remplace :

La culture se conduit envers l'objet technique comme l'homme envers l'étranger quand il se laisse emporter par la xénophobie primitive. Le misonéisme orienté contre les machines n'est pas tant haine du nouveau que refus de la réalité étrangère. [...] La machine est l'étrangère ; c'est l'étrangère en laquelle est enfermé de l'humain, méconnu, matérialisé, asservi, mais restant pourtant de l'humain. [...] Ce qui réside

⁵² Heidegger, 1958, p.43

⁵³ Heidegger, 1966

⁵⁴ Agamben & Rueff, 2014, p.33

⁵⁵ Ibid, p.47

⁵⁶ On fait référence ici au célèbre *Surveiller et Punir : Naissance de la prison* publié par le philosophe en 1975. La question des dispositifs disciplinaires y est plus particulièrement abordée dans le chapitre intitulé « Le panoptisme » (Foucault, 1975, pp.197-230)

⁵⁷ « Heidegger et la question de la technique », 2022

⁵⁸ Agamben & Rueff, 2014, p. 27

dans les machines, c'est de la réalité humaine, du geste humain fixé et cristallisé en structures qui fonctionnent.⁵⁹

Ainsi, l'opposition à la technique relèverait d'une méconnaissance de la machine et d'un déni des réalités humaines qui y sommeillent. Ce que renferment les machines de monitoring n'est rien d'autre que de la réalité humaine, une réalité certes complexe, multicouche et ramassée, mais dont la méconnaissance ne se justifie pas pour autant.

2.6 Méta-monitoring II : détourner la machine, réformer la culture technique

Pour Simondon, une meilleure intégration des objets techniques dans la culture est urgente non seulement pour rétablir une connaissance générale des machines, mais aussi pour dissoudre une certaine polarisation au cœur de la culture technique :

La culture est déséquilibrée parce qu'elle reconnaît certains objets, comme l'objet esthétique, et leur accorde droit de cité dans le monde des significations, tandis qu'elle refoule d'autres objets, et en particulier les objets techniques, dans le monde sans structure de ce qui ne possède pas de significations, mais seulement un usage, une fonction utile. Devant ce refus défensif, prononcé par une culture partielle, les hommes qui connaissent les objets techniques [leur donnent] le seul statut actuellement valorisé en dehors de celui de l'objet esthétique, celui de l'objet sacré. Alors naît un technicisme intempérant qui n'est qu'une idolâtrie de la machine et, à travers cette idolâtrie, par le moyen d'une identification, une aspiration technocratique au pouvoir inconditionnel.⁶⁰

Ainsi une véritable réforme culturelle serait de mise pour échapper à une technocratie qui fait l'apologie du dévoilement provoqué, et puise par-là même sans relâche dans les ressources naturelles. Cette réforme, qui réintroduirait la possibilité d'un dévoilement po(i)étique, passerait par une éducation précoce à la technique, mais aussi par la conception de machines « ouvertes » qui se caractérisent, plutôt que par une capacité à dévoiler leurs processus internes, par leur tolérance à l'indéterminé :

Le véritable perfectionnement des machines, celui dont on peut dire qu'il élève le degré de technicité, correspond non pas à un accroissement de l'automatisme, mais au contraire au fait que le fonctionnement d'une machine recèle une certaine marge d'indétermination. C'est cette marge qui permet à la machine d'être sensible à une

⁵⁹ Simondon, 1958, p.9

⁶⁰ Ibid, p. 10

information extérieure. [...] Une machine purement automatique, complètement fermée sur elle-même dans un fonctionnement prédéterminé, ne pourrait donner que des résultats sommaires. La machine qui est douée d'une haute technicité est une machine ouverte⁶¹

Dans cette perspective, la poétique n'est plus liée à une résolution des fractures po(i)étiques par la re-présentation telle que dans le Nuage Vert, mais peut émerger, similairement à l'art de Tinguely, d'un abandon des idéaux de performance machinique. Pour le monitoring, cela s'incarne dans un détournement des objectifs métrologiques traditionnels.

2.6.1 Sensibilité, indétermination, interaction : l'ouverture simondonienne dans *The Weather Followers*

Par exemple, dans *The Weather Followers* (2017)⁶²⁶³, le monitoring atmosphérique sert de prétexte à une réintroduction de l'imprévu et de la sérendipité dans nos habitudes digitales. Le projet s'articule autour d'une installation sculpturale dotée de quatre capteurs météorologiques,

⁶¹ Simondon, 1958, pp.11-12

⁶² Visnjic, 2017

⁶³ Fragmentin, 2017

qui monitorent la vitesse et la direction du vent, la quantité de particules nocives dans l'air, l'intensité des rayons solaires ainsi que la fréquence des précipitations.

Figure 2.11 -*The Weather Followers* (2017) du collectif Fragmentin (Marc Dubois , David Colombini , et Laura Perrenoud)



Récupéré sur: <https://www.juliet-artmagazine.com/wp-content/uploads/2021/01/The-Weather-Followers-600x316.jpg>

Les utilisateurs sont alors invités à se connecter aux quatre senseurs de la machine par le biais d'une application sur smartphone. Ils ont alors le choix entre quatre interactions : *Windy encounters* (quand la vie sociale numérique suit les courants éoliens), *Polluted Selfie* (quand la pollution atmosphérique contrôle la vie numérique individuelle), *Drizzly Rhythms* (quand la pluie contrôle l'écoute musicale sur smartphone), et *Sun(e)rase* (quand l'intensité solaire commande la suppression de fichiers ou données personnelles).

Drizzly Rhythms fait par exemple jouer de la musique selon l'intensité des précipitations mesurée. Un pluviomètre optique calcule la fréquence de chute des gouttes (DPM, rain drops per minute), à partir de laquelle une chanson au tempo analogue (BPM, beats per minute) est sélectionnée aléatoirement parmi des listes de lecture préétablies dans Spotify. Ainsi, ce qu'écoute l'utilisateur n'est plus déterminé par l'algorithme de l'application, ou basé sur ses préférences musicales passées, mais par la réalité météorologique dans laquelle il se trouve au moment de l'écoute. Il

découvre alors de nouveaux morceaux, possiblement situés hors de sa zone de confort musical, et dont le tempo, synchronisé au rythme de la pluie, rétablit une connexion singulière aux phénomènes atmosphériques. Les trois autres senseurs fonctionnent sur une base similaire.

Ici, la poétique se fonde dans une interaction avec la machine teintée d'humour et de surprise. Cette interaction permet de tisser une relation rafraîchie à la météorologie, et, plus largement, de reconnaître et d'accueillir la nature chaotique et incontrôlable des réalités atmosphériques. Tout ceci laisse penser que *The Weather Followers* correspond à un *Méta-monitoring* atmosphérique.

CHAPITRE 3

ATMOSPHÈRE VERTICALE ET MESURE AÉRIENNE

We are living in an atmosphere of which we practically know very little. Our position is like that of crabs at the bottom of the sea.

H.H. Clayton, 1897

Jusqu'à présent, nous avons considéré la science atmosphérique dans une perspective relativement bidimensionnelle ; le baromètre, la pompe à air, les météorographes, tous ces instruments sont adaptés à une analyse de l'atmosphère *ambiante* et directe, celle dans laquelle l'homme vit et se déplace.

D'un point de vue scientifique, l'omission de la verticalité constitue un frein évident à l'avancement des connaissances atmosphériques ; les phénomènes météorologiques et atmosphériques se créent et existent en altitude, et ce n'est qu'à travers une étude rapprochée, nécessairement aérienne que le mystère qui entoure leur genèse ou leurs interactions pourra être révélé.

Rester dans une perspective horizontale signifierait également omettre un des plus importantes – presque identitaires – caractéristiques poétiques de l'atmosphère. Parce qu'elle est associée à une connaissance mystique et ontologique, à une découverte à la fois des origines et des destinations, des tenants et des aboutissants, à une élévation de l'âme et de l'esprit tout autant effrayante que salvatrice, l'altitude est aussi ce qui donne à l'atmosphère son caractère profondément poétique. Cette poésie se cristallise dans l'inhérente inaccessibilité des hauteurs atmosphériques pour l'Homme, que la gravité retient irrémédiablement au sol, et qui le condamne donc à une existence *terrestre*. La haute atmosphère devient alors le siège d'un désir d'émancipation de la condition humaine, mais aussi et surtout un objet de profonde rêverie quant à d'autres possibles, à des *ailleurs* qui prennent volontiers corps dans le déplacement, l'exploration, la navigation.

Le plein potentiel, à la fois poétique et scientifique, du monitoring atmosphérique ne peut par conséquent se révéler que dans une étude tridimensionnelle de l'atmosphère. Cette dernière devient possible à partir du 19^{ème} siècle, lorsque l'aéronautique fait son apparition.

3.1 Mesure aérienne et avancées de la science atmosphérique

3.1.1 Prendre de l'altitude : mesure en montgolfière

Dès le début du 19^{ème} siècle, on envisage de collecter des données atmosphériques en emportant des instruments de mesure lors de vols en montgolfière. En 1804, on assiste déjà au premier vol performé exclusivement à visée scientifique. Gay-Lussac et Biot, les passagers du ballon, y emmènent avec eux baromètres, thermomètres, électromètres, et hygromètres en vue d'une étude des champs magnétiques terrestres (Fig. 3.1)⁶⁴.

Figure 3.1 – Gay-Lussac et Biot durant leur ascension en montgolfière en 1804.



Récupéré sur <https://journals.openedition.org/bibnum/docannexe/image/452/img-2.jpg>

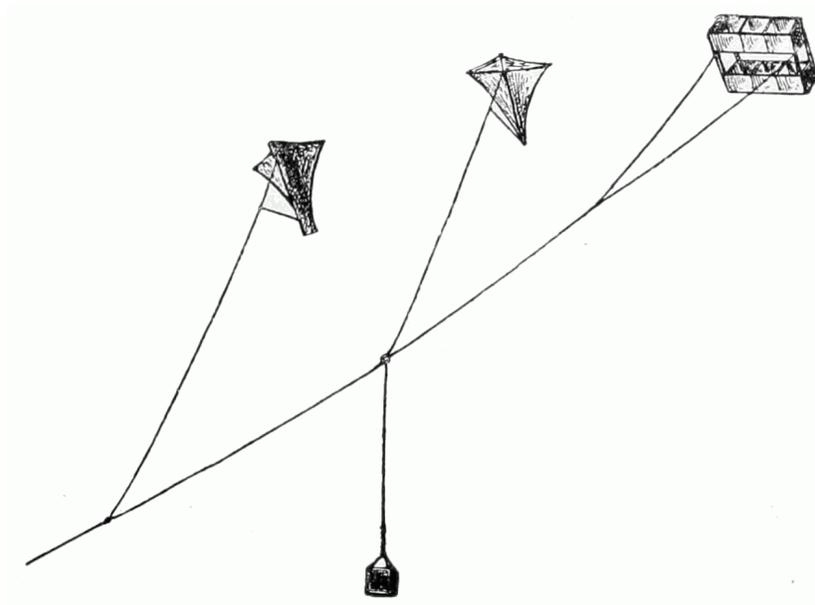
⁶⁴ Middleton & Spilhaus, 2018, p.288

Cependant, cette solution n'est ni pratique, ni rentable ; les occasions de vol sont trop rares pour arriver à une collecte de données systématique, et le transport tout comme l'usage d'instruments de mesure à haute altitude s'avèrent délicats. Peu adaptée aux activités scientifiques, la montgolfière est relayée au banc des activités de loisir ⁶⁵.

3.1.2 Lucanisme américain

Mais la piste de la collecte de données en vol n'est pas abandonnée. À la fin du 19^{ème} siècle, au Blue Hill Observatory près de Boston, plusieurs scientifiques s'engagent depuis peu dans une recherche enthousiaste autour de la conception de cerfs-volants météorologiques⁶⁶. Après quelques vols concluants en altitude, des instruments de monitoring comme le thermographe des frères Richard sont accrochés aux câbles des cerfs-volants⁶⁷ (Fig. 3.2). Ceci débouche sur la découverte de quelques phénomènes jusqu'alors inconnus, comme la prévalence de tourbillons atmosphériques sous les cumuli⁶⁸.

Figure 3.2 – Tandem de cerfs-volants portant un météorographe



Récupéré sur :

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/b/b4/PSM_V53_D061_Train_of_tandem_kites_bearing_a_meteorograph.png/450px-PSM_V53_D061_Train_of_tandem_kites_bearing_a_meteorograph.png

⁶⁵ Middleton & Spilhaus, 2018, p.290

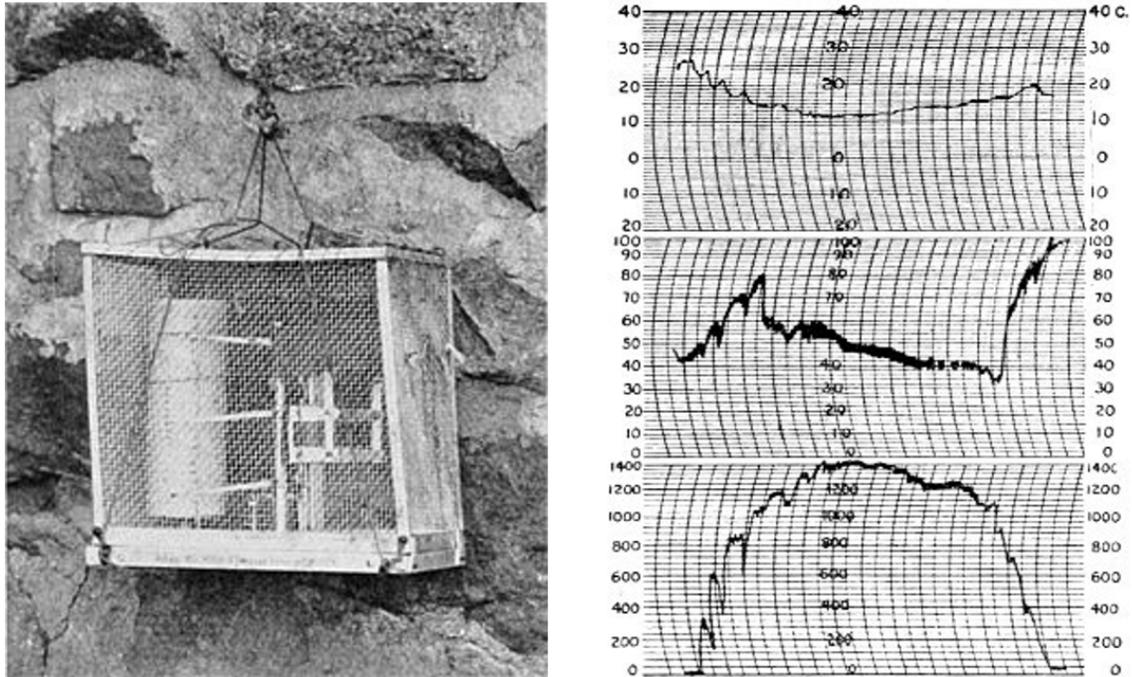
⁶⁶ Varney, 1898, p.48

⁶⁷ Hoernes, 2013, p.172

⁶⁸ Ibid., p.173

En 1897, les chercheurs américains parviennent à faire voler un météorographe compact (Fig. 3.3) à plus de 3000 mètres d'altitude. Des données inédites d'humidité, de pression, de température, et de vitesse du vent sont alors récupérées grâce au système d'enregistrement graphique de l'appareil. Pour la première fois, on obtient un portrait qualitatif de l'atmosphère dans toute sa verticalité⁶⁹.

Figure 3.3 – Météorographe compact utilisé par le Weather Bureau américain en 1898 (à gauche), avec le relevé correspondant, soit le premier sondage vertical de l'atmosphère



Récupéré sur :

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/98/PSM_V53_D070_Meteorograph.jpg/800px-PSM_V53_D070_Meteorograph.jpg?1662744665027

En 1900, en tendant plus de 7 kilomètres de câble, on atteint même les 4846 mètres d'altitude au Blue Hill Observatory. Le météorographe enregistre alors la limite du zéro degré celsius pour la première fois⁷⁰.

Ces prouesses sont représentatives de l'effervescence qui règne autour du lucanisme scientifique à cette époque aux États-Unis, considérés encore aujourd'hui comme le berceau de cette

⁶⁹ Varney, 1898, p.58

⁷⁰ Hoernes, 1903, p. 173

pratique. Les stations de vol se multiplient à travers le pays, et les spécialistes s'y rencontrent en nourrissant l'espoir grandissant d'appivoiser la prévision météorologique.⁷¹

3.1.3 Ballons-sondes européens

Face au dynamisme américain, l'Europe n'est pas en reste. En France et en Allemagne, des ballons captifs sont volontiers employés de manière interchangeable avec les cerfs-volants pour transporter les météorographes. La capacité intrinsèque des ballons à s'élever les avantage sur leurs homologues volants. Rapidement, on envisage de libérer les ballons de leurs attaches au sol.

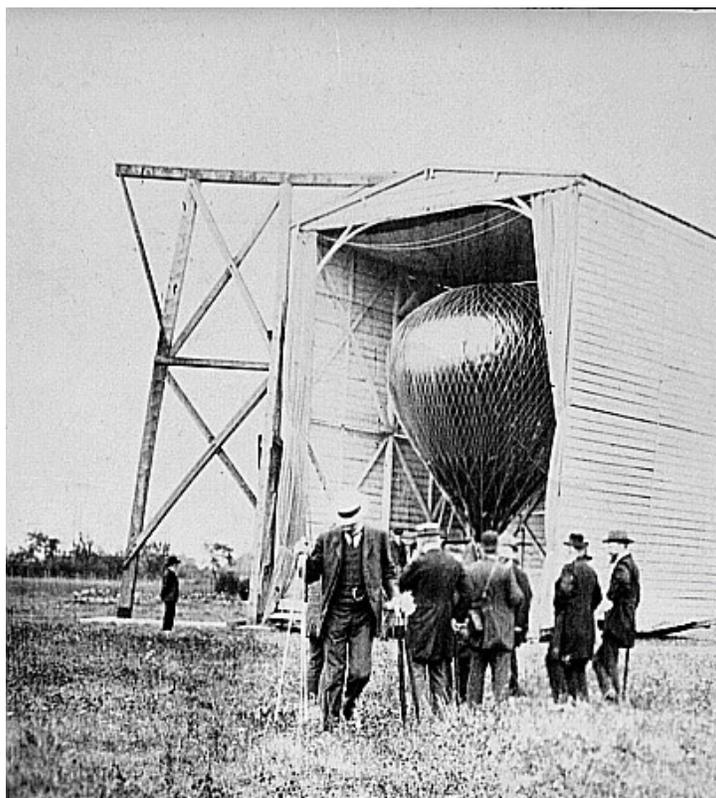
En septembre 1892, deux chercheurs français lâchent un ballon libre qui emporte avec lui un baromètre-enregistreur primitif. Le ballon, mesurant 4 mètres de diamètre, est fait en papier enduit de pétrole. Grâce à un parachute intégré, le baromètre, avec ses données enregistrées pendant le vol, sont récupérés a posteriori. Ce premier « ballon-sonde » de l'histoire inaugurer une série d'ascensions scientifiques internationales ⁷².

⁷¹ Ibid, p. 175

⁷² Roland (F5ZV), s. d.

Le lâcher systématique de ballons-sondes permet à Teisserenc de Bort, fondateur d'un observatoire météorologie à Trappes (Fig. 3.4) de constater une stagnation du mercure autour de 12'000 mètres d'altitude. Imaginant d'abord à une anomalie instrumentale, il finit, après plus de 200 ballons-sondages de confirmation, par annoncer sa découverte – la tropopause - à l'Académie française des sciences en 1902. Il formule ainsi l'hypothèse, encore valable de nos jours, selon laquelle l'atmosphère terrestre se compose de deux couches, la troposphère et la stratosphère. Richard Assmann, directeur de l'observatoire aéronautique berlinois, arrive à la même conclusion que son contemporain français dans les jours qui suivent. Dès lors, le lâcher de ballons-sondes devient une pratique immanquable de la recherche météorologique⁷³.

Figure 3.4 – Un ballon-sonde en papier de 113 m³ en cours de gonflement dans l'abri tournant de Trappes, proche de Paris, en 1898



Récupéré sur :
<https://www.energiesdelamer.eu/2018/04/02/meteo-france-le-ballon-sonde-francais-a-eu-120-ans-le-17-mars/>

⁷³ Middleton & Spilhaus, 2018, pp.300-302

3.2 La radiosonde au secours du monitoring aérien

L'aéronautique provoque donc une avancée rapide et spectaculaire de la recherche météorologique au tournant du 20^{ème} siècle. Malgré cela, le développement de la météorologie atteint rapidement un plateau. Ce dernier s'explique par la désynchronisation temporelle qui accompagne la mesure aérienne, à laquelle il semble difficile d'échapper.

En effet, les données récoltées par lucanisme ou par ballon-sondage ne sont récupérées qu'à posteriori de leur captation. Autrement dit, la réception a lieu *après* le vol. Dans le cas des ballons-sondes, les délais peuvent s'étendre sur plusieurs heures, voire des journées entières, selon le temps nécessaire pour mettre la main sur les ballons-sondes échoués. Il arrive même régulièrement que les ballons-sondes ne soient jamais retrouvés⁷⁴.

Ce laps de temps entre la captation des données météorologiques en vol et leur récupération pose un réel problème pour la recherche : elle empêche durablement une évolution des pratiques prédictives. La masse de données accumulées au fil des ans dans les observatoires n'a pas fondamentalement fait avancer la prédiction météorologique, de sorte que les météorologues semblent avoir échoué à leur principale mission. Ceci entretient l'image de la météorologie comme d'une science amateur⁷⁵, qui fait pâle figure devant les sciences établies.

En fait, la météorologie attend des prétextes pour se développer, et la Première Guerre mondiale en sera un excellent. Sur tous les fronts, la dure réalité du terrain met en lumière d'évidentes failles dans les dispositifs militaires. Notamment, la dépendance à l'aviation ainsi que l'utilisation d'armes d'un nouveau genre, comme les gaz de combat et les missiles, rend la connaissance du ciel et des courants éoliens indispensable⁷⁶. L'avantage stratégique qu'apporterait une collecte systématisée de données atmosphériques, notamment pour esquisser des cartes météorologiques en temps réel, tient à présent de l'évidence. Dans ce contexte, il devient urgent d'accélérer la récolte de données atmosphériques.

⁷⁴ DuBois, 2002, p.14

⁷⁵ Ibid., p.2

⁷⁶ DuBois, 2002, p.26

Pour ce faire, les ingénieurs envisagent une réception à distance des mesures récoltées en l'air : une télémétrie. Notamment, l'implémentation de modules radiotélégraphiques aux chargements des ballons-sondes permettrait une récupération drastiquement accélérée des données en temps réel. Le dernier obstacle pour y parvenir réside dans le défi que représente la conception de modules qui soient compatibles aux exigences du ballon-sondage. En effet, le milieu atmosphérique requiert une bonne résistance aux variations de pression et de température. Aussi, d'évidentes limitations en termes de format s'appliquent ; les ballons ne peuvent soulever des charges trop lourdes ou volumineuses. L'ajout de batteries pour alimenter les modules est également sujet de préoccupations⁷⁷.

À la fin des années 1920, une fois que les technologies indispensables aux exigences susmentionnées, comme la lampe triode ou la transmission sur ondes courtes, font leur apparition, le fantasme du monitoring en temps réel de l'atmosphère se concrétise⁷⁸ : le radiosondage (Fig. 3.5) est né.

⁷⁷ DuBois, 2002, p.14

⁷⁸ Middleton & Spilhaus, 2018, p.328

Figure 3.5 – Lancer de radiosonde dans les années 30 aux États-Unis



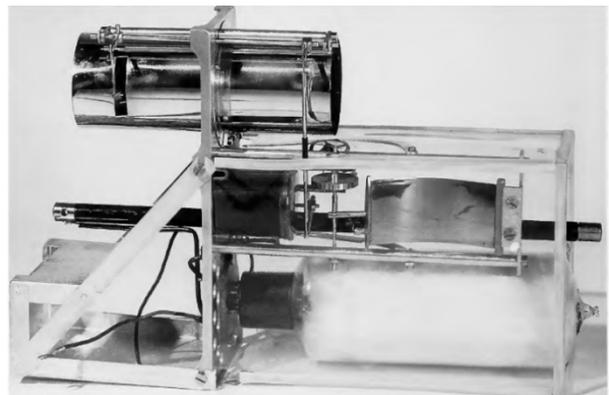
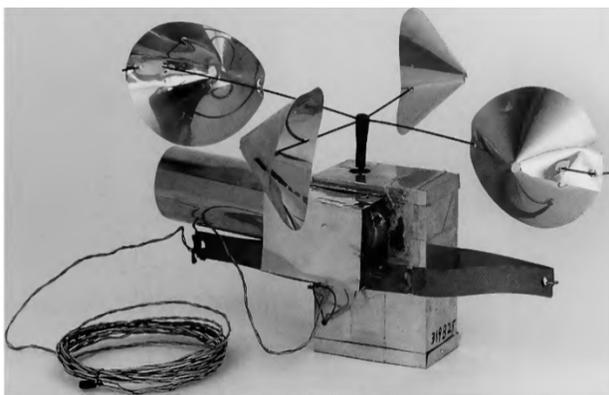
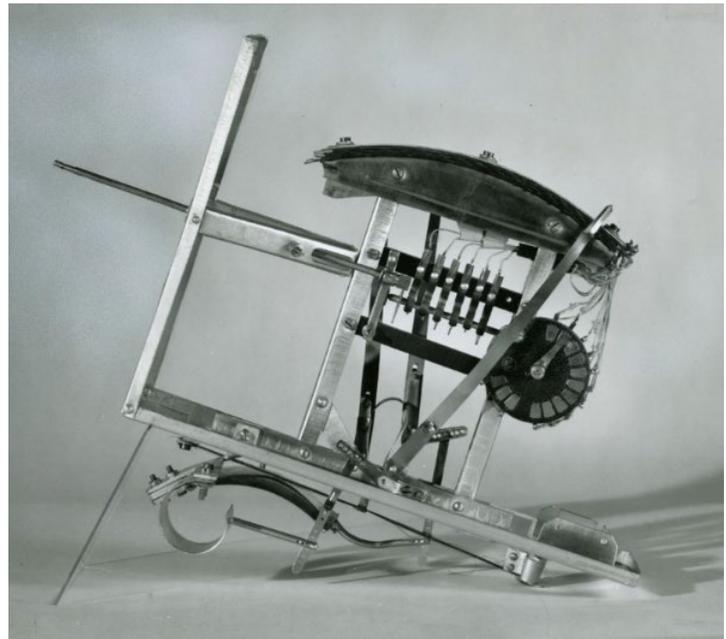
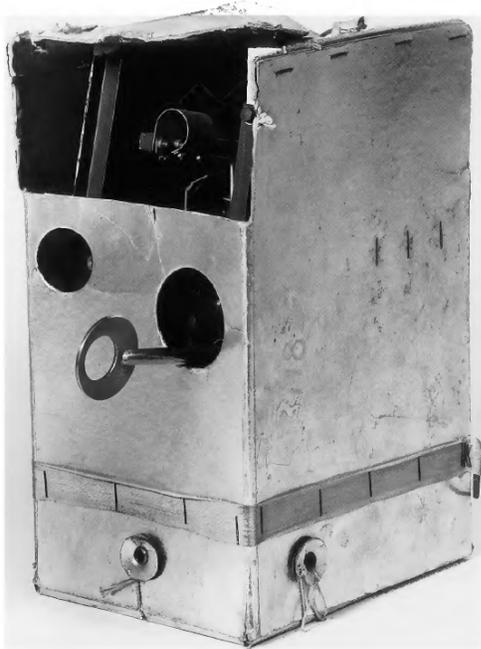
Récupéré sur : https://www.centennialofflight.net/essay/Dictionary/radiosonde/DI71G1_hi.jpg

Le rôle de la communauté d'amateurs dans l'émergence de la radiosonde est à souligner. Ces individus enthousiastes, libérés des pressions du marché, ont moins tendance à chercher la performance des systèmes radio que leurs contemporains professionnalisés. En se concentrant sur le développement de modules compacts, d'échelle réduite, moins gourmands en énergie, aux puissances d'émission plus modestes, les *radio tinkerers* auront une part de responsabilité indéniable dans la naissance du radiosondage⁷⁹.

⁷⁹ DuBois, 2002, pp.22-23

Les premiers radiosondages fructueux se feront tout de même en contexte professionnel. Après de nombreuses années de perfectionnement⁸⁰, différents modèles de radiosonde, tous singuliers dans leur design (Fig. 3.6), s'envolent dans les ciels américain (Blair, 1924), français (Bureau, 1929), russe (Moltchanoff, 1930), et allemand (Duckert, 1930), pavant la voie à une pratique bientôt indispensable à la connaissance atmosphérique.

Figure 3.6 – Différents modèles de radiosondes développées autour de 1930. Bureau (1932, en haut à gauche), Moltchanoff (1930, en haut à droite), Vaisala (1935, en bas à gauche), Duckert (1932, en bas à droite)



Récupérées de DuBois(2002)

⁸⁰ Middleton & Spilhaus, 2018, p.328

3.3 La verticalité, un défi pour la poétique du monitoring atmosphérique

Plus haut, par un rapprochement des idées de Heidegger et de Simondon, nous considérons que le dévoilement po(i)étique ne pouvait avoir lieu autrement que dans un « éprouvement » du progrès, dans une synchronie entre perception et occurrence des phénomènes. Cette *présence* aux phénomènes devait s'inscrire dans une bulle spatiotemporelle qui couplait temps réel et grande proximité physique à la machine.

L'automatisation de la mesure et de l'enregistrement, ainsi que le passage aux échelles microtechniques – nos trois fractures déjà évoquées en 2.3 - avaient déjà mis à mal cet impératif de présence spatiotemporelle. Or la mesure verticale à l'aide de ballons ou de cerfs-volants, bien qu'elle simplifie considérablement le processus métrologique, l'entrave d'autant plus, puisqu'elle supprime la nécessité de déplacement jusqu'aux phénomènes de la haute atmosphère : les hommes restent cloués au sol pendant que leurs objets volants y sont confrontés à leur place. Ainsi la mesure aérienne par ballons ou cerfs-volants vient elle aussi s'opposer à la sauvegarde de l' « éprouvement » du progrès formulé par Simondon, et, selon nos hypothèses, au dévoilement po(i)étique heideggérien. Elle *dépoétise* le monitoring atmosphérique.

Dans ce contexte, restaurer la présence aux phénomènes nécessaire à la poétique semble difficile, car cela impliquerait, plus qu'un prélèvement de données dans le ciel avec des cerfs-volants ou des ballons, d'être, à l'image de Gay-Lussac et Biot dans leur montgolfière, soi-même en l'air pendant la captation, une solution logistiquement lourde, qui a elle aussi ses limites. Selon cette perspective, un monitoring qui satisferait à la fois les aspirations scientifiques et les aspirations poétiques de la mesure atmosphérique semble utopique.

Cependant, la possibilité de télétransmission de l'information que l'on retrouve dans la radiosonde ouvre la porte à une *téléprésence* qui introduit de nouvelles modalités pour la poétique du monitoring atmosphérique.

3.4 Méta-monitoring III : téléprésence, vers de nouvelles configurations discursives

La transmission radio annonce une révolution de notre rapport à l'espace-temps ; avec elle, il devient possible d'envoyer des messages codés des centaines de kilomètres à la ronde à la

vitesse de la lumière. Si la télégraphie filaire le permet déjà, la communication par ondes électromagnétiques, émancipée du câble, décuple le champ des possibles. Qu'il s'agisse d'habitants de villages reculés ou d'îles, jusqu'où les lignes télégraphiques ne se rendent pas, ou de marins sur leurs navires, tout le monde peut désormais aspirer à une communication en temps réel à distance. Autrement dit, la radio repousse les frontières de l'accessible.

Plus largement, l'introduction du *wireless* s'inscrit dans un complexe d'innovations technologiques qui semblent converger vers une transformation sans précédent et décisive des modalités spatiotemporelles du réel ; radiotélégraphie, aéronautique, automobile, téléphonie, toutes se développent conjointement au début du 20^{ème} siècle, et dans un cercle si vertueux qu' on assiste à une sorte de rétrécissement du monde, une implosion des échelles de temps et de lieu qui conduit à une perception à la fois élargie, globalisée et diffuse, délocalisée de la réalité⁸¹. Cet effacement soudain des contraintes géographiques et temporelles semble d'abord se parer d'une saveur euphorique, à l'image des folles et rugissantes années 1920, mais tourne rapidement au vinaigre lorsque les rivalités et affrontements se mettent eux aussi à côtoyer l'échelle du planétaire.

Plus précisément, les technologies de télécommunications introduisent la possibilité d'une délocalisation virtuelle des sujets qui a des conséquences non-négligeables sur notre confrontation au monde. Notamment, elle instaure un dédoublement présentiel, une oscillation entre présence réelle et téléprésence qui malmène le principe organisationnel sur lequel s'est construit notre société, qui veut que ce qui se passe dans notre environnement proximal est plus important, plus concret, plus « vrai » que ce qui est lointain, et nous affecte davantage. Autrement dit, le développement des télécommunications a introduit un nouveau paradigme où la place qu'occupent les choses dans nos consciences est indépendante de la distance qui nous sépare d'elles. De là résulte une sensation d'équidistance entre tout individu et tout évènement.

On peut rapidement entrevoir les effets pervers de ce changement. Les médias d'information peuvent par exemple apparaître comme les vecteurs d'une réalité de plus en plus abstraite, où sont véhiculés des contenus spectaculaires bien que sans rapport les uns avec les autres, le tout dans une succession incessante qui peut à tout moment sombrer dans le cynisme du

⁸¹ Kahn, 2013, p.3

divertissement. De l'autre côté du spectre téléprésentiel, la réalité virtuelle joue sur une confusion entre l'authentique et le construit qui corrode nos repères et nos ancrés, qui nous « déterritorialise » pour mieux nous rendre schizophrènes⁸².

Mais les effets de la téléprésence ne sont pas fondamentalement diaboliques. Pour Eduardo Kac⁸³, les technologies du téléprésentiel, comme la réalité virtuelle ou le contrôle à distance, ont le potentiel de créer des espaces de réciprocité riches et engageants, absents des structures médiatiques usuelles polarisées où des « émetteurs » livrent inlassablement du contenu à des « récepteurs ». Selon Kac, cette perspective d'ouverture vers des schémas discursifs alternatifs et multidirectionnels ferait de la téléprésence un objet digne d'être investigué par les artistes contemporains, tant comme concept que comme agent technologique :

An art that addresses the cultural, material and philosophical conditions of our time must manifest itself with the means of our time. Some of the alternatives for this new aesthetic are real-time interactive installations, robotics and telecommunication events. Seen together these possibilities define a zone of intersection that can be precisely termed "telepresence art"⁸⁴

Pour mieux comprendre comment la téléprésence peut servir le *Méta-monitoring*, nous proposons de considérer deux œuvres d'art de la téléprésence : tele-present water de David Bowen et Perpetual (Tropical) SUNSHINE de fabric | ch.

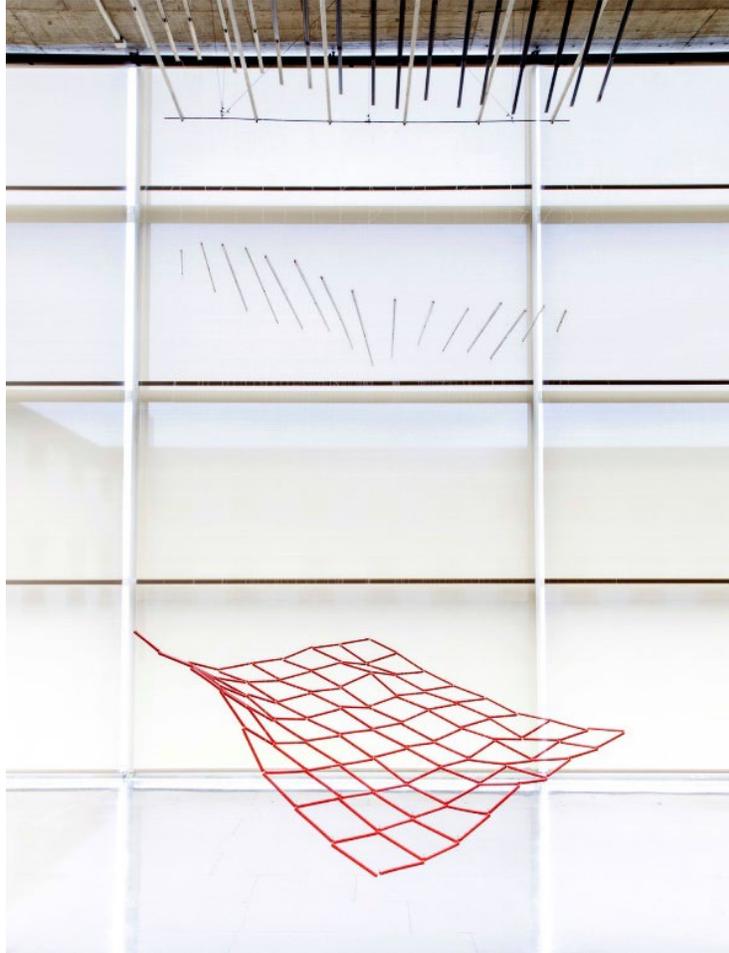
⁸² Dans *L'Anti-Œdipe*, deuxième tome de leur série intitulée *Capitalisme et Schizophrénie*, Gilles Deleuze et Félix Guattari (1972) décrivent le capitalisme comme un régime totalement fluide et décloisonné, dans lequel tous les « codes » traditionnellement ancrés en société plient sous l'effet d'une implacable poussée « globalisatrice ». Cet élan mondialiste fait progressivement disparaître ce qui conditionne les codes, or cette disparition provoque une telle remise en question du système – de l'existence des États, de la souveraineté, des lois du marché, des modes de vie, du sentiment d'appartenance, des habitudes de consommation, etc. – que les individus et la société ne peuvent y survivre. C'est cette perte de repères quasi-fatale que les auteurs nomment « déterritorialisation ». Cette dernière induit la possibilité d'une circulation libre des flux qui, poussée à l'extrême dans sa mobilité, rend une ubiquité possible. En d'autres termes, la déterritorialisation ouvre la porte à une réalité où il est possible d'être à tout moment présent en tout point du système. Ici se fait le lien entre capitalisme et schizophrénie : l'ubiquité est synonyme d'un éclatement identitaire, d'une dissémination du Soi. Le développement du « télé » sous toutes ses formes – ordinateurs, internet, smartphones, réalité virtuelle, etc. – ou des moyens de transports modernes comme l'aviation, en tant que facilitateurs d'ubiquité, se trouvent au cœur de ce basculement vers l'état psychotique.

⁸³ Kac, 1994

⁸⁴ Ibid.

3.4.1 tele-present water⁸⁵

Figure 3.7 – *telepresent water* (2011), par David Bowen



Récupéré sur :

<https://images.squarespace-cdn.com/content/v1/5509f2e8e4b042d7b1ec6ab5/1427110852968-BC6W54CYPPX4T7L1P3ZX/image-asset.jpeg?format=1000w>

Au milieu de l'espace d'exposition, une sculpture flottante ondule gracieusement. Sorte de raie manta des airs, les mouvements de l'œuvre de David Bowen ne sont pourtant pas régis par des influx nerveux, mais par du data. À des milliers de kilomètres de là, une bouée de monitoring déposée dans l'océan atlantique recueille des données marines en temps réel. Ce qui se meut

⁸⁵ Bowen, 2011

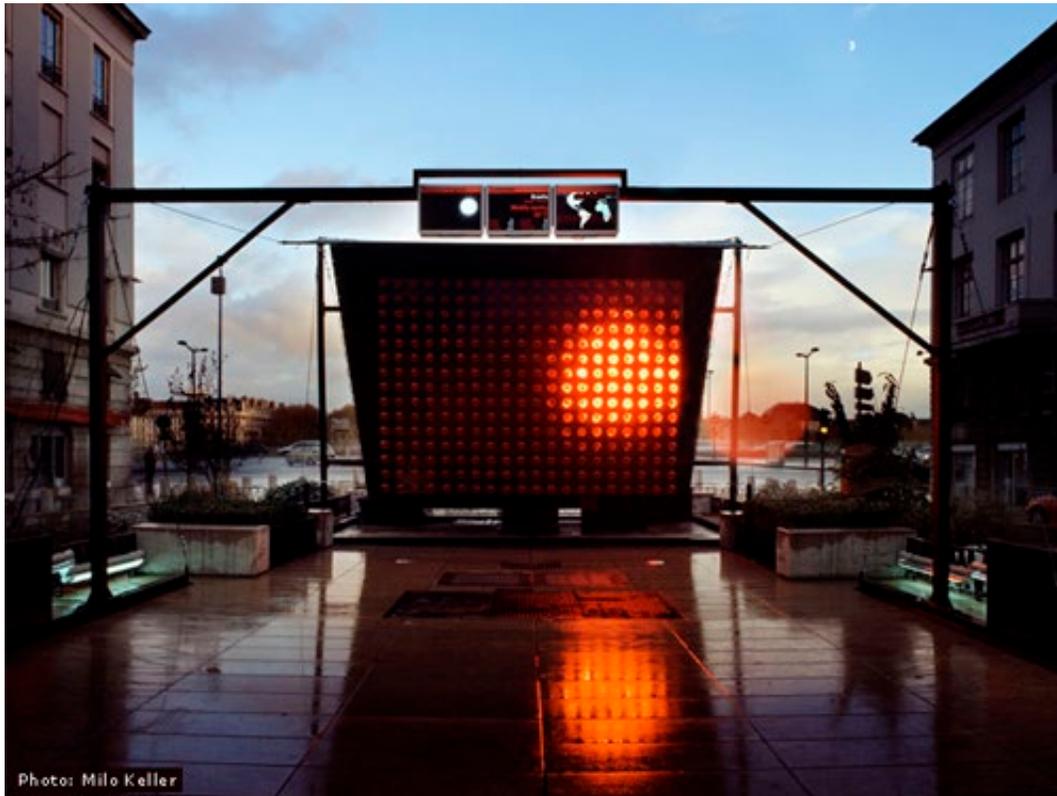
devant nos yeux est une reconstitution numérique de la houle qui porte cette bouée, comme si une petite parcelle d'Atlantique avait été découpée, puis rapportée par l'artiste. Le morceau d'océan est ici en *téléprésence*, et la distance qui le sépare de l'espace d'exposition semble dissolue. À condition de se laisser porter par sa valse hypnotique, on peut voir dans la sculpture de Bowen une invitation à un voyage mental en haute mer. On entre alors dans un face à face atemporel avec un échantillon de nature sauvage.

Le monitoring est au cœur de l'installation de Bowen, puisque la captation de données en temps réel sert de matériau de base à la création. Toutefois, le processus de mesure se retrouve relayé en arrière-plan par la qualité analogique, sensorielle du dispositif. Les données chiffrées qui animent l'installation se font oublier derrière les fluctuations de la vague.

tele-present water (Fig. 3.7) nous rappelle que les océans sont des ressources précieuses au caractère unique, dont le mouvement perpétuel, synonyme de vie, relaxe les sens et apaise le monde depuis toujours. L'œuvre sensibilise en sollicitant l'instinct protecteur que toute personne moindrement attentive aux merveilles naturelles possède.

3.4.2 Perpetual (Tropical) SUNSHINE⁸⁶

Figure 3.8 – Perpetual (Tropical) SUNSHINE (2008) de fabric | ch



Récupéré sur : <https://shapeandcolour.files.wordpress.com/2008/10/sunshine3.jpg>

Dans *Perpetual (Tropical) SUNSHINE*, designé par fabric | ch, un assemblage en grille de plusieurs centaines d'ampoules infrarouges émettent chaleur et lumière en fonction de l'intensité solaire captée par plusieurs stations météorologiques aux environs du Tropic du Capricorne. Nous nous retrouvons à nouveau en face d'une nature téléprésente, réchauffés et éblouis par un soleil tropical à la fois factice et authentique qui nous est rapporté en temps réel, comme le souvenir immortel de vacances au chaud.

La force de suggestion du phénomène mesuré, qui procédait du mouvement chez *Telepresent Water*, est initiée ici par celle du couple chaleur-lumière. Au visuel vient s'ajouter une dimension thermo-kinesthésique. Là aussi, on mise donc sur une réception sensible, analogique du

⁸⁶ fabric | ch, 2005

processus de monitoring, bien que les données chiffrées soient affichées (cf. trois écrans au-dessus des ampoules) pour corroborer les sensations et contextualiser l'œuvre.

L'idée du soleil perpétuel véhiculée dans l'installation de fabric.ch thématise le réchauffement climatique sous un angle nouveau. En réincarnant l'information en une source de chaleur écrasante, elle confronte le public plus directement aux conséquences de la disparition progressive de la couche d'ozone, à certaines réalités thermiques à venir, auxquelles il sera bientôt impossible d'échapper. Ce caractère alarmant se voit accentué par l'esthétique inquiétante, paradoxalement froide, de l'installation. Cet ensemble expérientiel fait émerger un inconfort sensoriel qui sensibilise le public autrement qu'à travers la traditionnelle « mise au courant » de la menace du réchauffement.

3.4.3 La téléprésence comme solution à la poésie du monitoring atmosphérique aérien

La forme que prend l'art de la téléprésence dans ces deux œuvres permet une réhabilitation du lien perceptuel avec les phénomènes monitorés à distance. Similairement au Nuage Vert, elles consistent en une *re-présentation* en temps réel de l'information, mais qui met cette fois un point d'honneur à réincarner l'entité monitorée, à pousser l'évocation des phénomènes à l'étude jusqu'au vraisemblable et ce, en dépit des distances géographiques.

Cette mission de vraisemblance peut impliquer la sollicitation de voies perceptuelles habituellement laissées pour compte (kinesthésiques dans le cas des lampes infrarouge de Perpetual (Tropical) SUNSHINE), ou une expansion des vecteurs traditionnels de re-présentation (une sculpture tridimensionnelle plutôt qu'une visualisation bidimensionnelle pour *tele-present water*). La re-présentation devient alors une *mimesis* toute poétique.

Par conséquent, la téléprésence par voie de re-présentation constitue une parade à l'impératif de présence aux phénomènes posé pour le dévoilement po(i)étique. Lorsqu'elle va au-delà d'une simple transmission de l'information et s'efforce de recréer la réalité d'un ailleurs, la téléprésence se rapproche énormément de la présence. En ce sens, elle a le pouvoir de sortir l'aspiration à un monitoring simultanément aérien et poétique, évoqué en 3.3, de son impasse, et, par conséquent, de faire émerger un *Méta-monitoring* jusque dans la haute atmosphère.

CHAPITRE 4

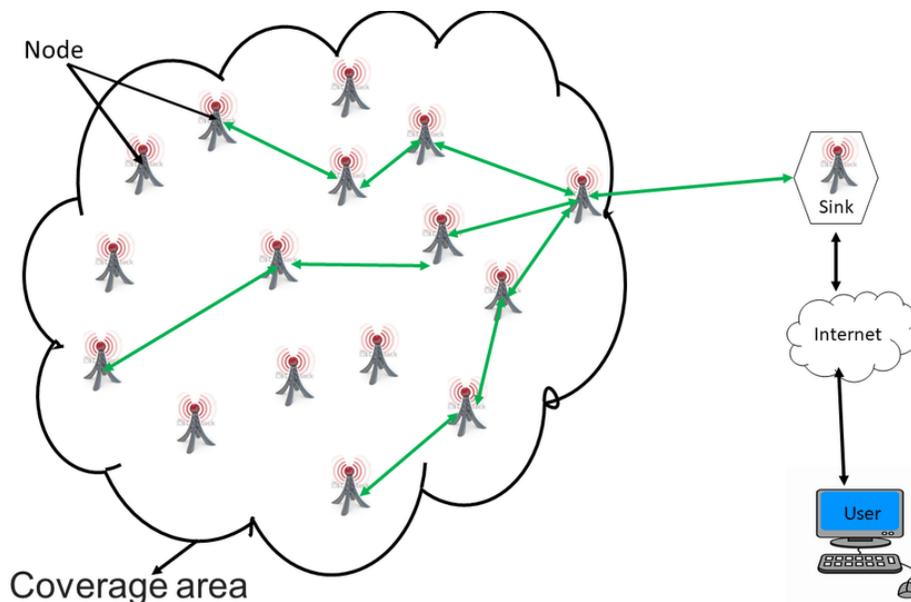
L'ATMOSPHERE, ROYAUME DE TRANSMISSIONS

The sky is only an antenna with a wide range.

André Breton

La radiosonde montre qu'il existe un lien important entre monitoring atmosphérique et technologies de communication ; sans la radiotransmission, la mesure de l'atmosphère est restreinte à une réalité bidimensionnelle très peu représentative de sa complexité. Plus généralement, le développement des technologies de communication constitue une avancée importante pour le monitoring puisqu'elles permettent une mesure démultipliée dans son potentiel épistémologique : une mesure organisée en réseau. Typiquement, une multitude d'appareils performant la récolte des données, lesquelles sont alors immédiatement transmises vers une unité centrale de réception (Fig. 4.1).

Figure 4.1 – Architecture typique d'un réseau de monitoring moderne (wireless sensor network)



Récupérée sur :

<https://www.researchgate.net/publication/329012374/figure/fig1/AS:705269717811201@1545160812434/General-architecture-of-a-wireless-sensor-network-WSN.ppm>

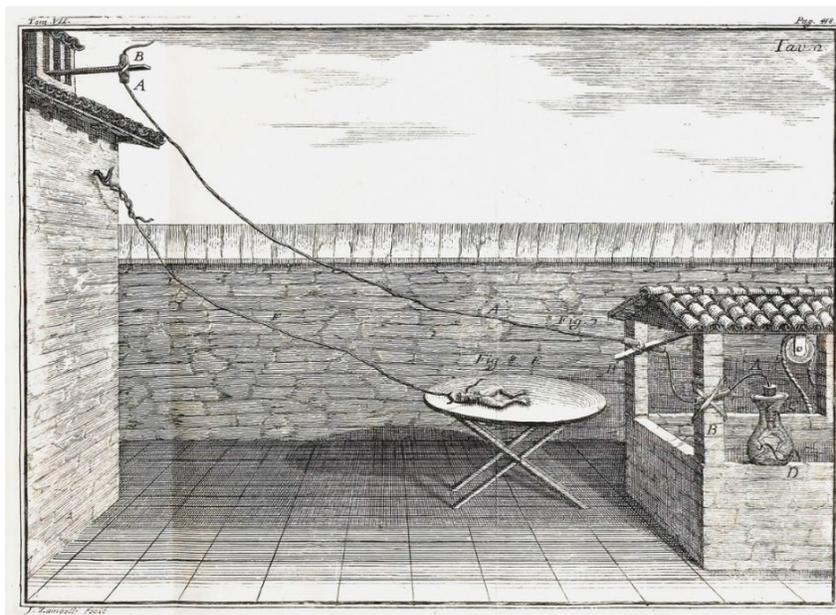
Paradoxalement, le développement des technologies de radiotransmission est lui aussi intimement liées à l'atmosphère et à la météorologie. Pour le comprendre, un bref survol historique du développement des télécommunications est requis.

4.1 Communiquer dans l'invisible

4.1.1 Coup de foudre et galvanisme

En 1781, Luigi Galvani, alors dévoué à un travail approfondi sur « l'électricité animale », s'étonne de la réaction de ses cuisses de grenouilles lorsqu'une étincelle est produite à proximité. Intrigué, Galvani reproduit l'expérience sur sa terrasse extérieure, un jour d'orage (Fig. 4.3). Il constate que, compte tenu que l'innervation des cuisses de grenouille soit prolongée d'un fil conducteur de longueur suffisante, « de nombreuses et violentes contractions musculaires » surviennent simultanément à l'occurrence d'éclairs⁸⁷ ; une synchronicité entre évènements très éloignés les uns des autres vient de s'établir.

Figure 4.2 - Planche tirée des rapports de Galvani sur l'électricité animale
« De viribus electricitatis in motu musculari commentarius »



Récupérée sur :

<http://www.ampere.cnrs.fr/histoire/files/original/dfae5bbbcd8a55970bf6ae62990c250d.jpg>

⁸⁷ Blondel & Wolff, 2007

Galvani reste concentré sur sa recherche sur l'électricité animale, pourtant il vient, sans le savoir, d'assister à une transmission sans fil sur longue distance : une radiotransmission. Ce phénomène ne pourra être reproduit et apprivoisé à des fins communicationnelles qu'à la fin du siècle suivant, lorsque Guglielmo Marconi met au point la radiotélégraphie.

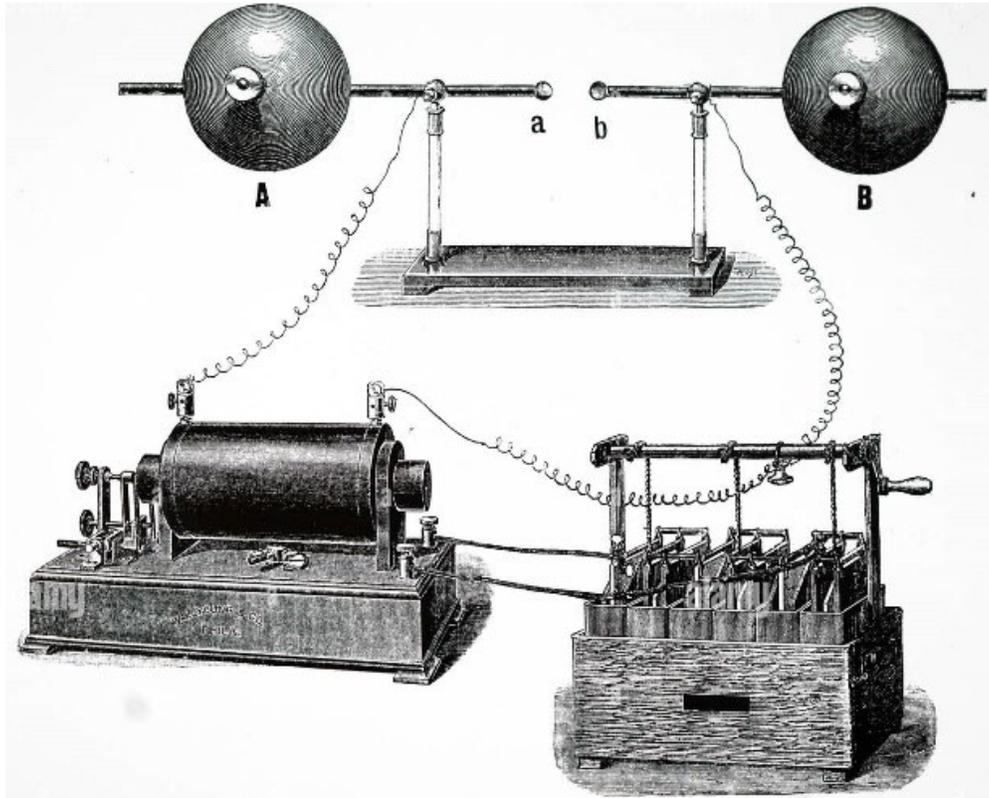
4.1.2 Marconi et les « antennes »

L'aventure radiotélégraphique du jeune Guglielmo Marconi commence en 1895, lorsque, fraîchement recalé de l'université, il tombe sur un article traitant des résultats de recherche du physicien allemand Heinrich Hertz.

Prof. Hertz est intensément impliqué dans la recherche académique, et souhaite tester empiriquement la validité des théories sur l'électromagnétisme formulées en 1864 par James Clerk Maxwell. Encouragé par son mentor le professeur Hermann von Helmholtz, Hertz réussit, après plusieurs années de tâtonnements, à mettre au point un dispositif (Fig. 4.4) pour prouver expérimentalement l'un des postulats de Maxwell selon lequel des courants polarisés à oscillation rapide sont générateurs d'une force électromotrice d'induction.

Concrètement, le système de Hertz se compose de deux éléments : un « exciteur » et un « résonateur ».

Figure 4.3 – Dispositif générateur d’ondes électromagnétiques conçu par Heinrich Hertz



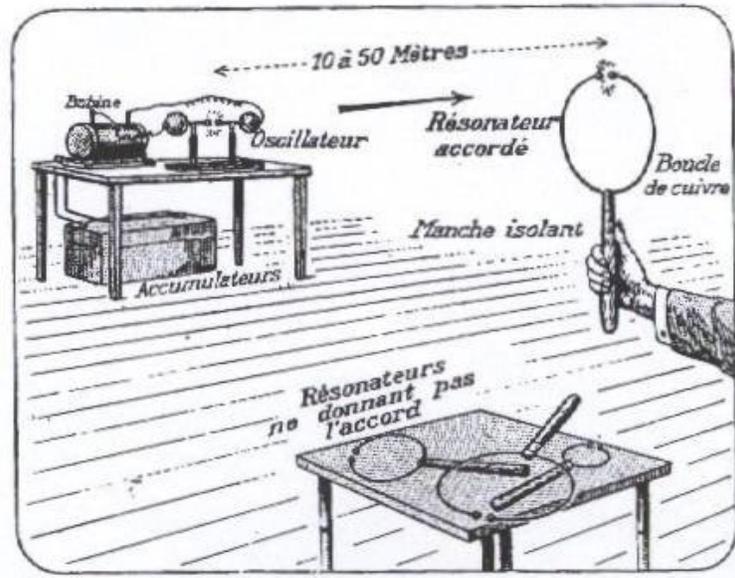
Récupérée sur

<https://c7.alamy.com/compfr/mr3tx9/illustration-montrant-l-experience-de-heinrich-hertz-sur-les-ondes-electromagnetiques-oscillateur-de-hertz-les-bornes-d-une-bobine-d-induction-en-bas-a-gauche-ont-ete-connectees-a-un-condenseur-b-etincelle-initiale-du-passage-entre-des-boules-de-metal-au-centre-a-b-forme-un-chemin-pour-les-oscillations-ulterieures-qui-ont-ete-mesures-heinrich-hertz-1857-1894-un-physicien-allemand-qui-arrive-a-prouver-de-facon-concluante-l-existence-des-ondes-electromagnetiques-theorise-par-james-clerk-maxwells-la-theorie-electromagnetique-de-la-lumiere-en-date-du-20e-siecle-mr3tx9.jpg>

Au cœur de l’excitateur se trouve une bobine génératrice de tensions très élevées, alimentée par une pile accumulatrice. La bobine est prolongée de deux plaques de métal reliées entre elles par un conducteur en cuivre rectiligne. Entre les plaques se trouve un mince espace, délimité par deux petites sphères. Lorsque le dispositif est enclenché, des arcs électriques, produits en série par l’oscillation des charges dans le métal, s’observent dans l’espace entre les sphères, que l’on nomme alors d’« espace à étincelles » (littéralement, *spark gap*). Un simple anneau de cuivre, avec deux sphères – elles aussi séparées par un *gap* - à ses extrémités, sert à Hertz de résonateur.

Chaque grande étincelle entre les plaques métalliques de l'excitateur, fruit de la forte puissance d'induction de la bobine, provoque simultanément une étincelle, cette fois presque imperceptible à l'œil nu, entre les sphères du résonateur. Les deux objets, pourtant séparés d'une distance de plusieurs mètres, semblent entrer en résonance (Fig. 4.5).

Figure 4.4 – Schéma explicatif de la transmission sans-fil par ondes « hertziennes »



Récupérée sur : <http://leradiofil.com/hertz01.JPG>

Concrètement, les étincelles provoquent des perturbations du champ électromagnétique ambiant, que le résonateur peut intercepter et faire apparaître à condition que ses dimensions soient accordées à la fréquence des ondes électromagnétiques induites par l'excitateur. Une transmission sans fil instantanée a donc bien lieu, mais le physicien ne réalise pas tout à fait l'intérêt de sa découverte :

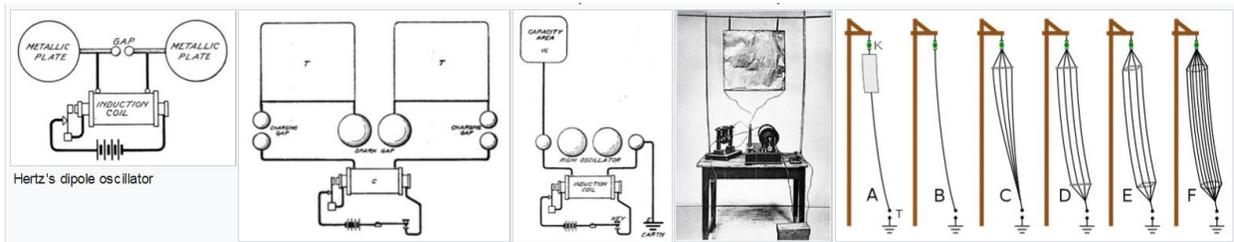
It's of no use whatsoever[...] This is just an experiment that proves Maestro Maxwell was right - we just have these mysterious electromagnetic waves that we cannot see with the naked eye. But they are there.⁸⁸

⁸⁸ Propos de Hertz tels que cités dans Norton, 2019, p.83

Marconi n'est pas tout à fait du même avis. Persuadé du potentiel des découvertes de Hertz, il se met à expérimenter autour du setup hertzien de manière quasi obsessionnelle.

Notamment, Marconi se rend compte qu'en surélevant une des surfaces de capacité de l'excitateur (les plaques de métal) verticalement, et en substituant la deuxième par une mise à la terre, la puissance d'envoi des signaux électromagnétiques augmente. Il reproduit ce schéma du côté du résonateur. Ainsi, de dispositifs dipolaires avec des conducteurs plutôt courts chez Hertz, on passe à de longues « antennes » monopolaires (Fig. 4.5)⁸⁹. Grâce à elles, l'italien parvient à augmenter progressivement la distance de transmission, jusqu'à dépasser les 2 kilomètres à l'été 1895. Il devient ainsi la première personne à officiellement maîtriser la transmission sans fil à distance.⁹⁰

Figure 4.5 – Reconfigurations du dispositif dipolaire de Hertz en antennes monopolaires par Marconi



Récupéré sur : https://en.wikipedia.org/wiki/Spark-gap_transmitter

Les années qui suivent ressemblent à une course où Marconi ne cesse de battre son propre record : 13 kilomètres en 1897, puis 18, puis 70, suivie d'une première liaison par-dessus la Manche en 1899, le tout couronné par la première transmission transatlantique en 1901 entre Signal Hill (Canada) et Poldhu (Royaume-Uni).

⁸⁹ sans le savoir, Hertz avait mis au point les toutes premières antennes dipolaires – l'excitateur étant l'antenne émettrice, et le résonateur son équivalente réceptrice. Le terme d'antenne a été introduit postérieurement par Marconi.

⁹⁰ Hunkin, 2021

4.1.3 Radio transatlantique et interactions atmosphériques

Figure 4.6 – Première télécommunication transatlantique par radio en 1901 à Signal Hill (Canada). L'antenne réceptrice érigée en hauteur grâce à d'énormes cerfs-volants, une infrastructure qui requiert l'aide de plusieurs assistants. Marconi est à gauche sur l'image.



Récupéré sur :

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/27/Marconi_at_newfoundland.jpg?1662724304562

Ce dernier exploit ne se fait pas sans difficultés. Poldhu possède déjà une station émettrice, mais son antenne doit être remplacée par un modèle plus petit suite à une tempête. Marconi doit ensuite se rendre jusqu'à Saint John's sur l'île de Terre-Neuve, où il met en place sa station réceptrice. Plusieurs jours durant, il érige un cerf-volant prolongé d'une antenne (Fig. 4.6) à une heure convenue pour tenter de recevoir le signal envoyé par ses collègues britanniques : trois points, la traduction de la lettre S en code Morse. Le 12 décembre, après plusieurs tentatives infructueuses, les trois impulsions sont reçues à Signal Hill ; le signal, d'une longueur d'onde de près d'un kilomètre et d'une puissance d'émission 100 fois supérieure aux précédentes, vient de parcourir plus de 3500 kilomètres⁹¹.

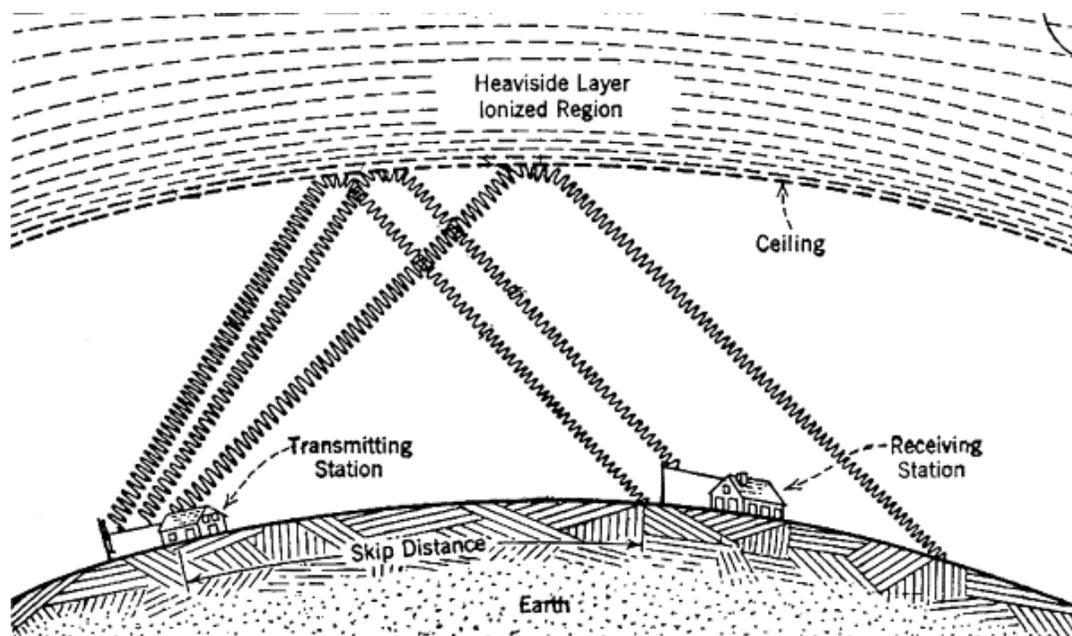
Au-delà de la prouesse logistique qu'elle constitue - Marconi gagne d'ailleurs le prix Nobel en 1909 - cette liaison fructueuse soulève des questionnements quant aux mécanismes géophysiques qui sous-tendent la transmission par ondes radio. En effet, la communauté scientifique de l'époque s'accorde à croire que les ondes radio voyagent en ligne droite. Sachant cela, la courbure du globe constitue théoriquement une entrave à la transmission sur longues

⁹¹ Patowary, 2017

distances ; les ondes devraient poursuivre leur trajectoire vers le ciel sans bifurquer. Or Marconi vient de prouver le contraire avec sa transmission transatlantique. Comment, concrètement, les signaux ont-ils pu arriver à bon port ?

La solution se trouve en fait dans la haute atmosphère. En 1902, le chercheur Heaviside formule l'existence d'une couche ionisée dans la haute atmosphère, capable de réfléchir et rediriger les ondes radio (Fig. 4.7). L'existence de cette couche, postérieurement baptisée en hommage à Heaviside, sera finalement démontrée en 1924.

Figure 4.7 – Interactions entre ondes de radiotransmission et couche ionisée de Kennely-Heaviside



Récupérée sur : <https://ars.els-cdn.com/content/image/1-s2.0-S1355219808000099-gr1.gif>

4.2 Disparition du naturel : quel impact pour la poésie atmosphérique ?

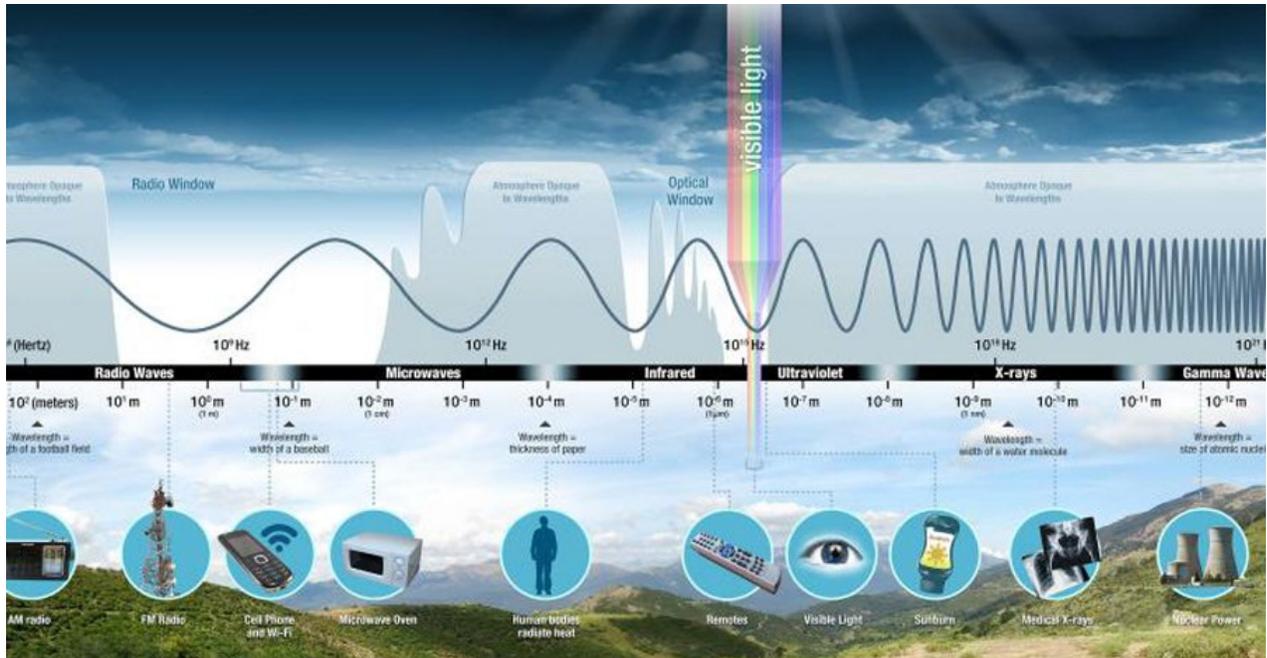
Le rapport entre phénomènes atmosphériques et télétransmission est relativement évident dans l'expérience de Galvani ; la foudre provoque vraisemblablement, par une transmission d'énergie invisible et spontanée, le mouvement des cuisses de grenouilles.

Ce rapport à l'atmosphère disparaît toutefois complètement dans le dispositif expérimental de Hertz, repris par Marconi. Ce n'est qu'une fois que les communications radiotélégraphiques prennent des proportions continentales, semant le trouble dans une ionosphère jusqu'alors insoupçonnée, que l'on reconsidère l'ancrage atmosphérique de l'électromagnétisme. Ainsi, ces faits historiques nous montrent que le développement des technologies de télécommunication a conditionné la connaissance de l'atmosphère. Autrement dit, la découverte de la nature électromagnétique de l'atmosphère a lieu au coude à coude avec son industrialisation.

Cette synchronicité malencontreuse est rare parmi les entités naturelles ; c'est comme si les rivières n'avaient jamais existé avant leur exploitation meunière ou hydroélectrique. Or ceci brouille la frontière entre le naturel et le construit, et biaise notre rapport à l'électromagnétisme. Aujourd'hui encore, l'homme s'imagine trop souvent créateur de l'électricité et la radio, alors que ces phénomènes sont les résidents immémoriaux des voies aériennes, de la même manière que les rivières ont préexisté de loin nos barrages et nos moulins. L'atmosphère, même dans ses états les plus tranquilles, est le siège d'un incessant manège électromagnétique, stimulé au moindre épisode orageux, à la plus bénigne radiation cosmique. Ainsi, la météorologie surpasse le

perceptible, et si ce manège est refusé à nos sens, ce n'est qu'à cause des limites de nos prédispositions perceptuelles.

Figure 4.8 – Spectre électromagnétique, dont seule une petite portion est disponible à notre perception



Récupéré sur : https://science.nasa.gov/files/science-red/s3fs-public/styles/science_news_hero_image/public/thumbnails/image/intro-1.jpg?itok=iRsuB2Q7

Dans ce contexte, le naturel et l'artificiel ne peuvent se concevoir autrement que comme des expressions indifférenciées – car rendues indifférenciables par leurs fatales interactions - d'un environnement énergétique plus large, d'une réalité ondulatoire, d'un amoncellement de signaux (Fig. 4.8). Dès lors, la vision romantique d'une Nature vierge de toute empreinte humaine, bien distincte de l'Homme et de ses activités, est vouée à perte. Au lieu de cela, nature et culture s'unissent dans une contamination mutuelle qui les rend indissociables.

Cette « disparition du naturel »⁹² pose certains problèmes pour la poétique de l'atmosphère, car cette dernière perd son statut valorisé en tant que sujet de fascination et d'étonnement pour celui, placé en arrière-plan, de médium de transactions inter-humaines. L'atmosphère, autrefois respectée et crainte en tant que lieu de messages divins et de pronostiques, théâtre privilégié de fables et de mythes, mais aussi génératrice de stupéfaction et d'admiration, disparaît peu à peu derrière une mission strictement transportrice qui la dépoétise et la dévalorise. L'admiration pour

⁹² Baudrillard, 1983, p.56

les phénomènes naturels laisse progressivement place à un enivrement face à l'ingéniosité humaine, à un mécanisme d'auto-gratification anthropique qui appelle au technocratisme. Ce n'est plus, comme avec le baromètre, devant la pression atmosphérique ou l'existence du vide que l'on s'émerveille, mais devant l'efficacité, la fiabilité et la puissance prodigieuses de nos propres systèmes de communications, de nos propres inventions.

4.3 Méta-monitoring IV : ouverture des circuits et écologie de signaux

Lorsque se déclenche la Deuxième Guerre Mondiale, la nécessité de vaincre l'ennemi crée une pression de performance énorme en faveur d'un assujettissement des forces naturelles, et l'ancrage atmosphérique de l'électromagnétisme ne peut que se faire oublier. L'apologie de la performance et de la compétition poussent à verser dans une logique du contrôle propre au *Gestell* bien plus que dans celle de l'expansion perceptive caractéristique de l'instrument. Autrement dit, la Guerre empêche la considération du spectre électromagnétique comme un champ ouvert d'exploration perceptuelle ; il est un territoire à conquérir et à discipliner.

La résistance pour empêcher cette dérive vers le technocratisme, elle, peine à se faire une place. En temps de guerre, les ressources pour défier la militarisation systématique de l'électromagnétisme manquent aux artistes et autres cercles critiques, et ce n'est qu'à partir des années 60, une fois qu'il aura été usé de fond en comble, qu'il aura connu les extrêmes de la bonhomie radiophonique et de l'horreur atomique, que le spectre électromagnétique commence à être considéré comme un matériau de création digne d'intérêt pour les artistes conceptuels, et comme une énergie réellement naturelle.

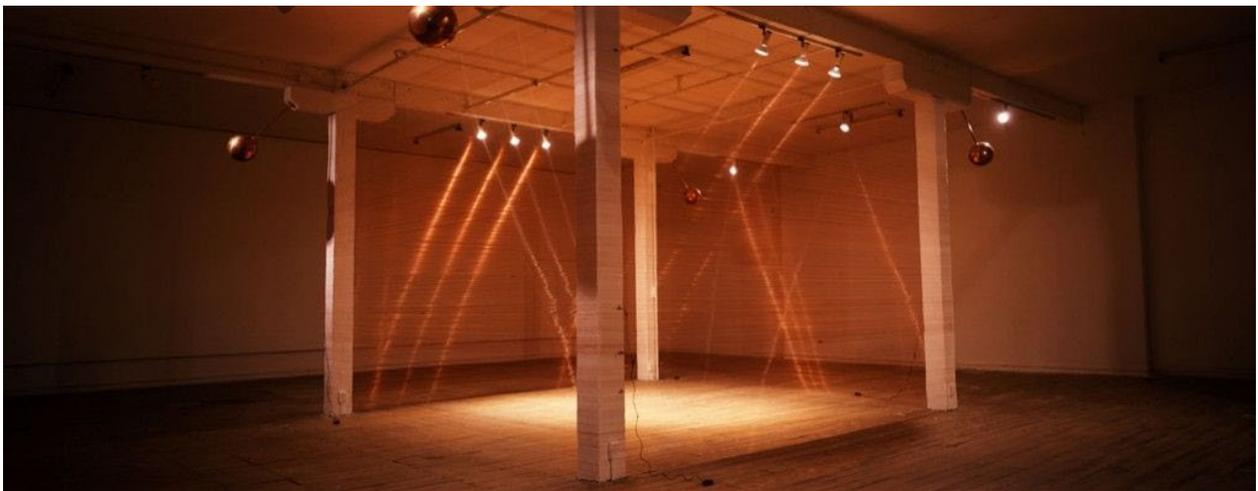
Malgré les évolutions, ces réflexes conquérants persistent. Aujourd'hui, bien que les conflits mondiaux soient (à priori...) révolus, bien que l'apologie du progrès inconditionnel se soit essoufflée, bien que la machine du capitalisme soit régulièrement relayée au banc des accusés, émanciper les technologies de communication et de monitoring atmosphérique des schémas disciplinaires du 20^{ème} siècle reste difficile, car la situation électromagnétique n'a depuis fait que se complexifier.

Dans ce contexte, la condition d'un salut pour la poétique du monitoring atmosphérique semble seulement possible à travers une réouverture des circuits :

Amid our contemporary legacies of annihilations of space and time—with global warming and other forms of ecological destruction accelerated with the millisecond, metallic circuits of capital, and globally distributed Internet communities with no apparent natural habitat—it is clear that circuits need to be opened up to many earth returns in an evolving sense of planet. As we live within this panorama, the energetics and earth scaling of artists, musicians, scientists, and engineers become increasingly crucial.⁹³

4.3.1 *Aériologie*⁹⁴ : écologie du signalscape et magnification du chaos

Figure 4.9 – *Aeriology* (1995-2008), par Joyce Hinterding



Récupéré sur : <https://www.pinterest.com/pin/aeriology-haines-hinterding--281615782924258580/>

Au milieu d'une pièce assombrie, quatre colonnes sont emballées dans un bain de filaments brillants. Provenant de ce tissage monumental, un grondement ininterrompu - ou serait-ce un ronronnement ? - envahit l'espace d'exposition. À ce bruit fondamental se superposent d'autres sons, plus aigus, plus rapides, plus brefs, qui semblent vouloir dire autre chose.

On pourrait penser qu'on se trouve face à un instrument de musique inédit, sorte de harpe monumentale, explosée, déconstruite. Mais aucun musicien, aucune présence humaine, ni aucun ordinateur, n'est à constater. Personne n'est là pour actionner, manipuler, ou contrôler cette

⁹³ Kahn, 2013, p.258

⁹⁴ Hinterding, 1995-2008

chose. Elle fonctionne toute seule, d'ailleurs tellement toute seule qu'aucune électricité ne l'alimente.

Le son d'*Aeriology* (Fig. 4.9) est en fait pure manifestation d'énergie, propulsée par cette même énergie. À la fois antenne, transducteur, condensateur, et transformateur, la cage fonctionne comme un piège à signaux électromagnétiques ambiants et leur offre le support matériel adéquat à leur expression, leur libération, dans le spectre sensible du sonore. Si les dimensions du cube déterminent avec précision les fréquences avec lesquelles une résonance est possible, tout finit par s'entremêler dans une jungle de *noise* où les repères quant aux sources sonores se perdent dans l'invisible ; le bruit vient-il des émissions du réseau électrique ? d'un signal radio provoqué par la foudre lointaine ? des ondes jaillissant sans arrêt des téléphones des visiteurs ? de phénomènes extraterrestres ? ou de signaux naissant de l'interaction de tous ces éléments ?

En fin de compte, l'analyse des phénomènes-sources ne fait pas partie des objectifs de l'installation de Joyce Hinterding. Dépourvue de prétention scientifique, l'œuvre se vit plutôt comme une confrontation à l'omniprésence des énergies qui peuplent l'atmosphère, à la densité du trafic électromagnétique moderne, à ce bal continu d'ondes qui a lieu en secret sous nos nez. En ce sens, si l'installation se rapproche d'un monitoring, c'est de manière involontaire ou accidentelle. *Aeriology* s'assimile davantage à un instrument de démonstration, de « mise en évidence » (*evidencing*) d'un *signalscape* où nature et culture se mélangent.

En présentant les signaux en un système dynamique et évolutif, en mettant l'emphase sur l'ensemble qu'ils forment plutôt que leurs existences individuelles, *Aeriology* révèle l'écologie oubliée qui sous-tend l'électromagnétisme moderne⁹⁵. L'emphase mise sur cette activité foisonnante extrait l'œuvre de la logique orientée du dispositif ; la liberté laissée aux ondes place *Aeriology* hors de tout schéma disciplinaire. Ainsi *Aeriology* s'aligne avec la proposition, faite plus haut par Douglas Kahn, d'ouverture des circuits et des machines.

La (re)mise en liberté des ondes est totalement assumée par l'artiste, qui se délecte du comportement erratique de son antenne. Cette appréciation du chaos, cette place délibérément laissée au désordre rappelle les *Méta-Matics* de Tinguely. *Aeriology* peut ainsi être considéré

⁹⁵ Murphie, 2012, p. 5

comme un Méta-monitoring, lequel, plus que de s'y opposer, décrédibilise l'assujettissement de l'électromagnétisme aérien, se moque des réflexes technocratiques.

En résumé, la poésie passe ici par une mise en valeur de l'existence des phénomènes à un niveau écologique plutôt qu'individuel, mais aussi par un *hacking* qui, parce qu'il assume et valorise l'essence chaotique du naturel, discrédite la tradition technocratique qui enferme le *signalscape* depuis le milieu du 20^{ème} siècle.

CHAPITRE 5

LES BRUITS DE L'ATMOSPHÈRE

*Noises! Such a jangle of meaningless noises
had never been heard by human ears⁹⁶*

Herbert Casson, 1910

La radio a déjà été évoquée de manière répétée dans les chapitres précédents, or il faut se rendre compte que ce que l'on associe à la « radio » à l'époque de Marconi et de la Grande Guerre est assez différent - et surtout, bien moins convivial - de ce que ce terme nous évoque aujourd'hui. En effet, avant 1920, la radiodiffusion n'existe pas. À cette époque, le terme « radio » se réfère au système de télégraphie sans fil tel qu'introduit par Marconi, à savoir un service de transmission de messages composés des *dits* et *dahs* du code Morse⁹⁷.

Jusqu'à la fin de la première guerre, la radio ne parle donc pas ; elle *bipe*⁹⁸. Les communications sont des suites d'impulsions que s'échangent discrètement les opérateurs télégraphistes, leur casque d'écoute sur les oreilles, et ces derniers sont rodés d'une part à transcrire les dépêches lettre par lettre en frappant sur le manipulateur, et d'autre part à interpréter « à l'oreille » les suites de bips longs et courts reçues pour décoder les messages. Auditeurs à longueur de journées de ces murmures, les agents opérateurs finissent par y reconnaître la logique, et apprennent à décoder ce langage directement dans leurs têtes.

Ainsi, le langage utilisé durant les premières années de la communication radio n'a pas fondamentalement évolué depuis la télégraphie filaire, qui fonctionnait déjà avec le code Morse, et seul le canal – avec ou sans-fil - change. La radio n'acquiert sa personnalité vocale que plus tard. En attendant, un autre appareil se charge de transmettre les voix à distance : le téléphone.

⁹⁶ Casson, 1910, p.121

⁹⁷ Lewis, 2021, p.4

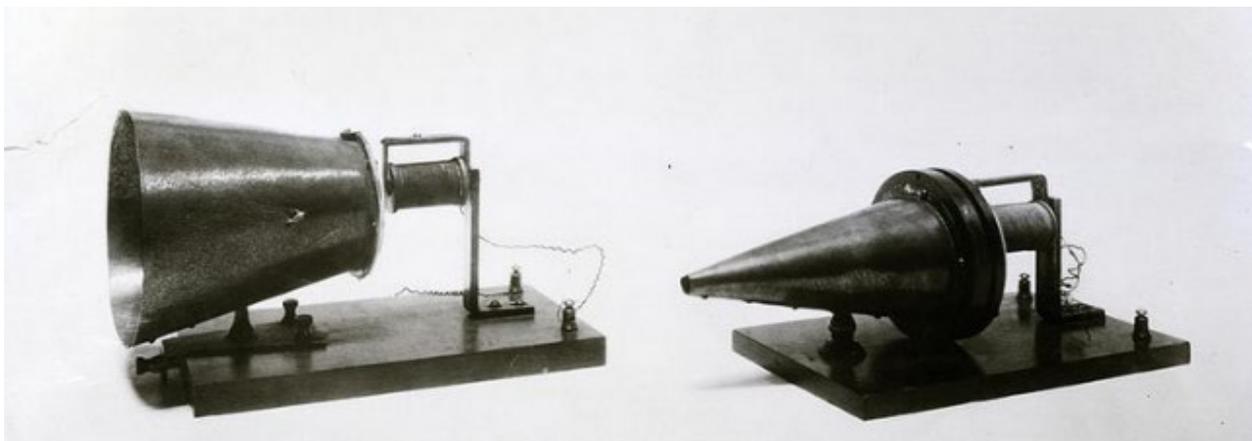
⁹⁸ Alors qu'initialement, le code Morse s'imprime sur du papier avant d'être traduit par l'opérateur, il apparaît rapidement après son introduction que les cliquetis audibles du récepteur télégraphique peuvent suffire de substrat à la traduction.

5.1 Guerre des courants et naissance du téléphone

Vers 1875, les avancées de l'électricité poussent plusieurs chercheurs américains à remettre en doute l'implémentation systématique du courant continu. En effet, le courant alternatif, encore très peu répandu en usage domestique, démontre plusieurs avantages. Il se caractérise notamment par son assignation à une fréquence donnée, laquelle peut être modifiée à l'envi à l'aide d'un transformateur. Ces nuances fréquentielles le distinguent du courant continu, qui lui, ne connaît que les deux états du « on » et du « off ». En actionnant les électroaimants du télégraphe avec un courant alternatif à fréquence variable, les schémas de transmission sont décuplés. On peut par exemple faire circuler plusieurs dépêches simultanément sur une même ligne (multiplexage temporel). La possibilité d'accorder les fréquences d'ondes sonores avec celles du courant alternatif (multiplexage fréquentiel) est quant à elle explorée de près par plusieurs inventeurs, dont Charles Bourseul, Elisha Gray, ou encore Alexandre Graham Bell⁹⁹.

Bell est persuadé que cette harmonisation des fréquences peut aboutir sur une télétransmission des voix humaines. Avec l'aide de son assistant Thomas Watson, sous la pression compétitive, il expérimente intensément pendant plusieurs mois. Le 2 juin 1875, une erreur de manipulation de Watson provoque une vibration involontaire qui transite jusqu'au récepteur de son supérieur ; Bell vient d'entendre le bruit de son assistant qui manipule l'émetteur. Les deux hommes ont désormais la preuve qu'un bruit peut voyager par câble.

Figure 5.1 – Premiers émetteur et récepteur téléphonique, photographiés par Bettman



Récupéré sur : <https://render.fineartamerica.com/images/rendered/share/30694756&domainId=1>

⁹⁹ Wallstein, s. d. pp.19-25

Après plusieurs prototypes plus ou moins fonctionnels¹⁰⁰, Bell dépose, alors même que son dispositif n'est pas parfaitement au point, un brevet pour un « télégraphe parlant » le 14 février 1876, quelques heures seulement avant son concurrent Elisha Gray. Cette paternité - aujourd'hui encore débattue - fera l'objet de véritables batailles juridiques, mais le téléphone (Fig.5.1) est né.

5.2 Allô, la radio ?

Au-delà de sa capacité à véhiculer la voix de son supérieur (« *Watson, come here ! I want to see you* »¹⁰¹), une particularité de l'appareil alors en développement attire l'attention de Thomas Watson. Une fois son horaire régulier terminé au laboratoire, l'assistant passe des heures entières à prêter attention à d'étranges bruits lui parviennent au travers du téléphone¹⁰². Ces craquements suivis de longs grésillements, s'apparentant parfois à des gazouillis d'oiseaux, ne ressemblent à rien de connu, et Watson, alors qu'il se laisse bercer par ce concert discret, spéculé sur l'origine des sons :

One of the most common sounds was a snap, followed by a grating sound that lasted two or three seconds before it faded into silence, and another was like the chirping of a bird. [...] My theory at the time was that the currents causing these sounds came from explosions on the sun or that they were signals from another planet. They were mystic enough to suggest the latter explanation¹⁰³

L'intuition de Watson est plutôt bonne ; les bruits viennent en effet de courants d'échelle planétaire. Ils résultent de perturbations de la magnétosphère terrestre, provoquées par la foudre, qui se propageant d'un hémisphère à l'autre de la Terre (Fig. 5.2). La propagation dispersive des perturbations magnétiques provoque un étalement des fréquences qui explique les motifs sonores que Watson décrit. Ces derniers sont par ailleurs si caractéristiques de ces phénomènes électromagnétiques que le nom de *whistlers* (littéralement « siffleurs ») leur sera par la suite attribué¹⁰⁴.

Si Watson peut entendre les *whistlers* si distinctement, c'est parce qu'il est le premier à pouvoir brancher un téléphone sur une ligne télégraphique. Les premières lignes téléphoniques passent

¹⁰⁰ Carré, 1993, p.87

¹⁰¹ C'est en ces mots que s'établit la première communication téléphonique fructueuse entre Bell et son assistant en mars 1876

¹⁰² Kahn, 2013, p.28

¹⁰³ Watson, 1926, p.82

¹⁰⁴ « Whistler (radio) », 2022

Figure 5.2 - Phénomène du mode sifflement (littéralement, « whistlers »). La foudre provoque l'excitation de parasites atmosphérique qui engendrent des perturbations de la magnétosphère.

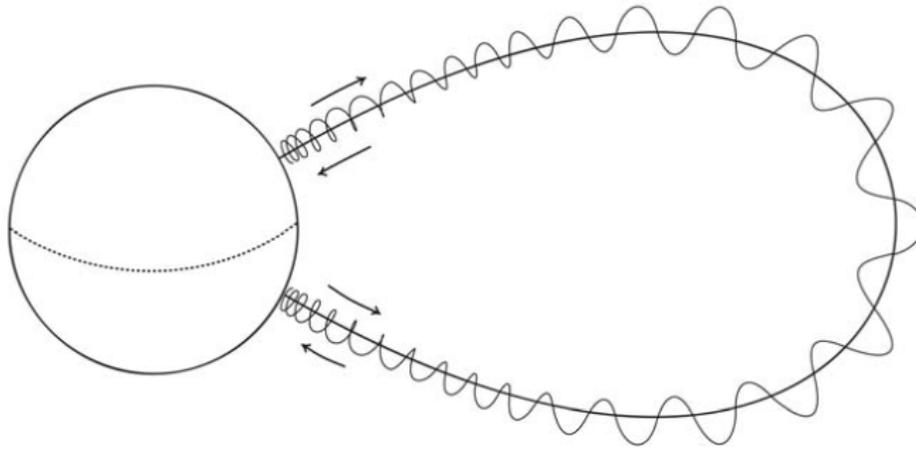


Illustration par Pia van Gelder. Récupéré dans : Kahn (2013), p.15.

par les mêmes circuits que les lignes télégraphiques ; des fins câbles de fer ou d'acier non-isolé soutenus par des poteaux de bois, dont les extrémités sont ramenées au sol (*single-wire earth return*, ou SWER).

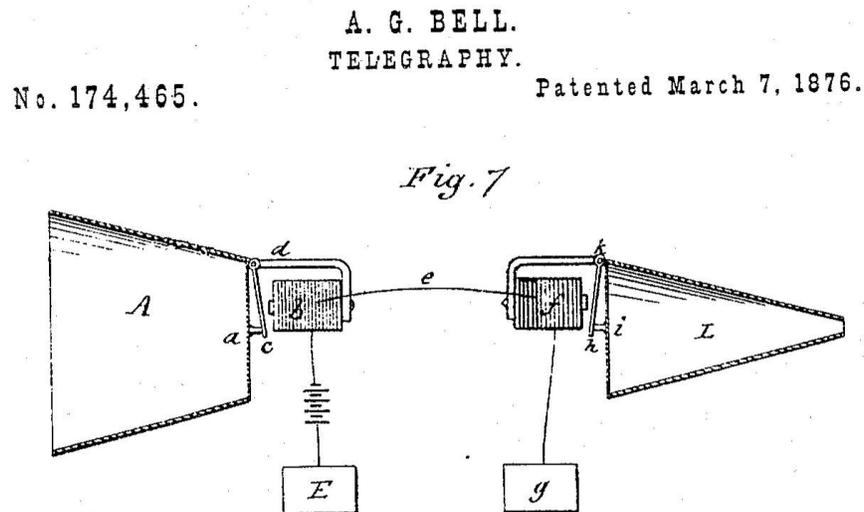
Or ces lignes télégraphiques, tendues sur des kilomètres, agissent comme un réseau-filet d'antennes géantes¹⁰⁵ capable de capturer des ondes électromagnétiques de très basse fréquence. Ces ondes radio se retrouvent transportées jusqu'au diaphragme du récepteur téléphonique, dont l'oscillation se manifeste *in fine* aux oreilles de Thomas A. Watson.

Les lignes sont depuis longtemps établies, mais cette mise en musique est entravée dans le dispositif télégraphique traditionnel, qui, conformément à la binarité fréquentielle du courant continu (on/off), ne connaît que deux variables sonores : le silence, et les fameux *bips*. Le téléphone, en revanche, s'insère dans une réalité fréquentielle riche, étendue, autant au niveau de la détection que de l'émission. Il se démarque par sa *sensibilité*, « mille millions de fois » plus

¹⁰⁵ Notons qu'à cette époque, personne ne sait ce qu'est une antenne !

Figure 5.3 - Schéma opérationnel du téléphone de Bell

(A) Le locuteur parle dans le cornet. (a) & (c) les ondes sonores de sa voix font vibrer le diaphragme. (d) les vibrations font bouger une bobine près d'un aimant, transférant l'énergie sonore en courants électriques fluctuants. (e) le courant électrique descend le long du fil. (k) le courant électrique passe dans une bobine près d'un autre aimant, faisant bouger la bobine et poussant un autre diaphragme. (i) le second diaphragme recrée la configuration originale des ondes sonores lorsqu'il est poussé par la bobine.



Récupérée sur : <https://ruralwave.ca/wp-content/uploads/2020/04/7March1876-Bell-Telegraphy-Patent-1080x675.jpg>

fine que celle de son pendant télégraphique¹⁰⁶. Ainsi les phénomènes qu'entend Watson ne sont pas nés avec l'invention du téléphone, loin de là, mais seul ce dernier contient la recette technique capable de les faire entrer dans le domaine audible (Fig. 5.3). Le téléphone agit là comme un microscope sonore, zoomant sur un univers de « très petits sons », faisant entrer des quantités d'énergie minuscules dans le réel perceptible¹⁰⁷. Le téléphone met ainsi pour la première fois en lumière (plusieurs décennies avant Marconi ou Heaviside !) la facette électromagnétique de l'atmosphère. En ce sens, le premier téléphone a non seulement été le premier microphone, mais aussi l'initiateur d'un nouveau genre de monitoring atmosphérique, car, bien que déconnectée de la mesure quantitative, la mise en musique introduit la possibilité d'une surveillance qualitative par la retranscription en temps réel des phénomènes.

¹⁰⁶ "about a thousand million times less [powerful] than the currents used in ordinary telegraphic work." (Maxwell & Niven, 2011, p. 743)

¹⁰⁷ Kahn, 2013, p.2

Si ce monitoring atmosphérique inédit est possible, c'est parce que, comme le souligne Douglas Kahn, le téléphone de Bell agit comme un *transducteur*, c'est-à-dire qu'il permet le transfert d'ondes d'un état énergétique (électromagnétique) vers un autre (mécanique), de sorte que les fluctuations de la magnétosphère y sont traduites en son. Le téléphone apparaît alors comme une clef d'accès sur des phénomènes en principe exclus de la sphère perceptive humaine ; il dévoile au sens heideggerien. Ceci fait également du téléphone un *instrument* dans la définition simondienne du terme : un objet technique qui prolonge le corps dans ses facultés perceptives¹⁰⁸.

5.3 Transduction et électrosonique : « a new day for sound »

Évidemment, la singularité du monitoring téléphonique, qui le distingue fondamentalement de tout ce que nous avons pu voir jusqu'à maintenant, réside dans son expression par le son. Kahn décrit la téléphonie comme la gardienne d'un monde sonore jusqu'alors insoupçonné, celui de l'*électrosonique* :

Audible sounds and other acoustical phenomena belong to mechanics: all sound is mechanical in this sense. [...]. The Aeolian is a mechanical music in that the actions of the wind, vibrating strings, and the resulting sound are of the same class of mechanics. In contrast, the Aelectrosonic moves from electromagnetism to sound, that is, from the class of electromagnetic energy to the class of mechanical energy.¹⁰⁹

Nous comprenons alors que l'électrosonique s'inscrit dans un environnement physique et énergétique distinct de la réalité sonore régulière, laquelle est cantonnée à la mécanique. Parce qu'elle procède d'un transfert d'un état énergétique vers un autre, parce qu'elle fait le pont entre ondes électromagnétiques et ondes mécaniques, l'électrosonique introduit un paradigme sonore inédit. Les motifs fréquentiels des phénomènes électromagnétiques déterminent une nouvelle identité timbrale¹¹⁰, à laquelle le *noise* sert de composante élémentaire.

L'étrangeté, la non-conventionnalité de cette famille sonore à l'époque contribue à faire du monitoring téléphonique une expérience hors du commun. Le témoignage de Watson est celui d'un homme ému et engagé esthétiquement, cosmiquement, dans l'écoute de la

¹⁰⁸ Simondon, 1958, p.114

¹⁰⁹ Kahn, 2013, p.7

¹¹⁰ Kahn, 2013, pp.2-3

magnétosphère¹¹¹. Le monitoring de l'atmosphère, jusqu'alors majoritairement matérialisé dans le traçage maladroit de graphes, se mue désormais en une *musique moderne* qui sollicite l'être dans ses prédispositions poétiques. Autrement dit, le téléphone de Bell *méta-monitore*.

Thomas Watson ne sera pas le seul à reconnaître les qualités esthétiques des sons téléphoniques. Bien au contraire, l'électrosonique sera progressivement adoptée, adaptée, domptée, pour finir par transformer de fond en comble la culture musicale du 20^{ème} siècle.

Car l'électrosonique ne s'arrête pas aux sons des *whistlers* retransmis par le téléphone. Ces derniers ne constituent qu'une de ses innombrables déclinaisons. Rappelons-nous que le téléphone primitif est un cousin du microphone, qui, prolongé des réseaux de câbles communicationnels, se mue en un capteur d'une sensibilité exceptionnelle aux signaux électromagnétiques en tous genres présents dans l'environnement. Cette réceptivité hors du commun, combinée à la grande perméabilité des liaisons télégraphiques et téléphoniques originels¹¹², fait de lui une proie facile aux interférences. Lors des premiers appels téléphoniques à la fin du 19^{ème} siècle, il n'est en effet pas rare d'entendre son appareil retransmettre des conversations téléphoniques voisines, les impulsions d'une dépêche télégraphique circulant sur une ligne adjacente, ou les décharges provoquées par les départs et arrêts successifs des trams environnants¹¹³.

Et l'électrosonique n'est pas pendue au téléphone. Plus tard, la radio y aura aussi son mot à dire. Comme nous l'avons vu, les premiers systèmes de communication par radio commercialisés par Marconi s'articulent autour d'émetteurs à étincelles (« spark-gap transmitter »). Or ces derniers produisent des signaux radioélectriques s'étalant sur un intervalle de fréquences très large. Par conséquent, les dépêches codées en morse sont envoyées de manière indiscriminée dans les airs, et sont interceptables par toutes les antennes réceptrices situées à proximité. Ceci

¹¹¹ Kahn, 2013, p.32

¹¹² Si à première vue, les câbles des lignes télécommunicationnelles constituaient une barrière franche entre les signaux qui y circulaient et l'extérieur, la croyance selon laquelle l'information y était « contenue » de manière totalement hermétique est à nuancer. Lorsqu'un courant passe dans une ligne conductrice, un champ magnétique se forme autour d'elle. Si les lignes sont en circuit ouvert (technologie du single-wire earth return de Steinheil), non-isolées et placées à proximité les unes des autres, l'interaction des champs magnétiques entraîne un risque évident d'interférence.

¹¹³ Kahn, 2013, p.69

démultiplie les probabilités d'interférence, obligeant régulièrement les opérateurs à batailler pour ne pas être perturbés par leurs pairs dans leurs efforts respectifs de transmission et réception ¹¹⁴.

Ainsi naît avec le développement des télécommunications une musique aérienne qui n'a plus rien à voir avec le sifflement trop connu du vent : contaminée par des portions de voix humaines, par le *hum* électrique, par les échos de la foudre, par des éclatements parasites. Juxtaposée au grondement des machines industrielles, au vrombrissement des moteurs, ou encore au rythme saccadé du ferroviaire, cette symphonie aérienne contribue à la composition d'un paysage sonore radicalement nouveau, une cacophonie résolument moderne dans laquelle les acteurs de la culture musicale voient une opportunité d'élargir l'éventail des timbres possibles. Cet élargissement semble d'autant plus pertinent que ces timbres portent en eux le témoignage des évolutions techniques en cours. Ainsi le compositeur Luigi Russolo, dans son manifeste futuriste¹¹⁵, invite ses lecteurs ainsi à implémenter les *bruits* (noises) dans la culture musicale par la mise au point de « mécanismes » capables de les reproduire. La machine devient dès lors la condition pour composer une musique moderne :

The variety of noises is infinite. If today, having perhaps a thousand different machines, we are able to distinguish a thousand different noises, tomorrow, with the multiplication of new machines, we will be able to distinguish ten, twenty, or thirty thousand different noises, not simply by imitation but by combining according to our fancy¹¹⁶

Par souci de concision, nous n'entrerons pas ici dans un récit des évolutions musicales au 20^{ème} siècle. Nous souhaitons toutefois souligner à quel point toute trace d'électromagnétisme naturel a eu tendance à disparaître de la musique moderne, et plus particulièrement de la musique électronique, alors que c'est vraisemblablement dans les sessions d'écoute de Thomas Watson, dans un *Méta-monitoring* téléphonique des plasmas magnétisés de l'atmosphère que tout a commencé pour elle.

¹¹⁴ Schroeder, 1967, pp.9-19

¹¹⁵ Le manifeste, publié en 1913, est intitulé « The Art of Noises » (« L'arte dei rumori » en langue originale)

¹¹⁶ Russolo, 1986, p.29

CHAPITRE 6

RE-PRÉSENTATION SONORE DE L'ATMOSPHÈRE

*We're all gonna rise above all things that we lack
Good vibrations that we make will come bouncing back
The music that we make will heal all our mistakes and lead us
The music that we hear is always standing near to feed us*

Morcheeba, 1996

La transduction performée au travers du téléphone a révélé l'activité de la magnétosphère de manière inattendue. Rapidement, on comprend cependant qu'une maîtrise des techniques de transduction esquisse une porte d'entrée sur une traduction universelle des phénomènes physiques. Cette traduction trouve son universalité dans un langage commun : le signal électrique. Le monitoring de l'atmosphère prend justement racine dans cette maîtrise de la transduction. Les senseurs de monitoring ne sont autres que des transducteurs conçus spécialement pour répondre à des stimuli physiques par la production de signaux électriques. Ainsi, ils s'apparentent à une fenêtre sur tout un « bestiaire de phénomènes »¹¹⁷.

Grâce aux senseurs, la mise en musique peut potentiellement s'étendre au-delà de la magnétosphère ; n'importe quel phénomène atmosphérique peut faire l'objet d'une transposition sonore, pour autant que le senseur adéquat, ainsi qu'un logiciel informatique - ou tout autre transducteur – capable d'effectuer une transposition de signaux électriques en signal sonore, soient disponibles.

La traduction de signaux issus du monitoring environnemental en outputs sonores reste pourtant rare. Nous l'avons constaté à plusieurs reprises dans ce mémoire ; la re-présentation des phénomènes monitorés se rapproche le plus souvent d'une visualisation. Par exemple, les premiers météorographes effectuent une retranscription visuelle de l'information via leurs systèmes d'enregistrement graphique. De même, le baromètre présuppose une observation des niveaux de mercure.

¹¹⁷ Reeves, s.d.

Cependant, la re-présentation sonore impose des modalités de réception qui, bien que distinctes de celles de la re-présentation visuelle, ont leur pertinence dans la recherche sur le *Méta-monitoring*, et qu'il convient donc de décortiquer.

6.1 Les caractéristiques du son

6.1.1 Son, temps et épistémologie

Le penchant pour l'image n'a rien de surprenant ; la retranscription visuelle est ancrée dans notre culture de l'interprétation dataïque. La prédominance de la visualisation dans la pratique du monitoring, plus qu'une conséquence fortuite de développements techniques, trouve son explication dans la nature épistémologique de l'image. En représentant graphiquement des évolutions paramétriques sur le long cours, en les immobilisant progressivement sur le papier (ou sur tout autre support), la visualisation semble taillée pour l'analyse réflexive ou le travail de mémorisation. Le pouvoir *accumulateur*, l'étalement temporel du graphique en fait un outil d'étude et de compréhension clef pour la recherche d'explications quant aux lois de la nature.

En comparaison, le son semble incompatible avec les entreprises épistémologiques. L'information sonore ne peut « s'imprimer », ou être saisie instantanément dans son ensemble. Au contraire, elle s'égraine, se rapporte toujours à un complexe d'*apparition-disparition*, à l'occurrence ponctuelle d'évènements qui ne peut prendre une cohérence globale qu'à travers l'écoute prolongée ou la réécoute. Jean-Luc Nancy (2004) précise :

Dans cette présence ouverte et surtout ouvrante, dans l'écartement et dans l'expansion acoustiques, l'écoute a lieu en même temps que l'évènement sonore, disposition clairement distincte de celle de la vision [...] la présence visuelle est déjà là disponible avant que je la voie, la présence sonore arrive : elle comporte une attaque, comme disent les musiciens [...] le corps humain [n'est] pas agencé pour interrompre à loisir la venue sonore [...] « les oreilles n'ont pas de paupières ». [...] De plus, le son qui pénètre à travers l'oreille propage à travers tout le corps quelque chose de ses effets [...] celui qui émet un son entend le son qu'il émet.¹¹⁸

¹¹⁸ Nancy, 2004, p.34

Physiologiquement, la sensibilité humaine aux variations temporelles est d'ailleurs supérieure dans l'écoute que dans la vision, c'est-à-dire qu'une image mouvante nous interpellera moins qu'un son qui change¹¹⁹. D'un point de vue évolutif, on peut concevoir ces particularités physiologiques comme le fruit d'une adaptation aux essences respectives de l'image et du son : présence et persistance pour la première, absence et éphémérité pour le second.

Le son nous relie donc aux activités dynamiques de la vie, qu'elles soient d'origine naturelle ou anthropique¹²⁰. Ceci laisse penser qu'une représentation de données de monitoring par le son est particulièrement indiquée ou du moins digne d'être explorée, surtout lorsque celles-ci se rapportent à la réalité météorologique, qui est, même dans sa toute première définition¹²¹, elle aussi de l'ordre de l'éphémère.

6.1.2 Son, espace et sens commun

Le son se différencie également de l'image dans la nature des ondes qui le portent ; contrairement aux ondes lumineuses, la propagation des ondes acoustiques dépend d'un médium (l'air, la plupart du temps). Cette dépendance fait en sorte que le son s'essouffle avec la distance, alors que l'onde lumineuse et électromagnétique, elle, peut se propager sans limite. Ainsi, le son est générateur de volumes, renforce la sensibilité aux conditions spatiales locales. Il crée des espaces, ou entre en interaction avec ceux déjà construits¹²².

Cette relation à l'espace et au volume peut se transposer à l'échelle du territoire. Certains marqueurs sonores territoriaux comme les cloches ou les horloges entrent dans la composition d'un ciment social :

Towns were organized around these soundmarks, and no one outside its arena enjoyed social cohesion with the community. Public acoustic arenas were valued for their ability to integrate individuals into the social fabric of their community. [...] emotional well-being, civic pride, and territorial identity all depended on hearing the town bells. When citizens heard the chiming of the bells, they felt rooted within a

¹¹⁹ Blesser & Salter, 2007, p.17

¹²⁰ Blesser & Salter, 2007, p.15

¹²¹ Rappelons que dans *Meteorologica*, Aristote définissait la météorologie comme « l'étude des phénomènes naturels *peu réguliers*, prévalents dans la région sublunaire qui sous-tend les mouvements des étoiles »

¹²² La question de l'architecture sonore est notamment développée sous de nombreux angles dans l'excellent *Spaces Speak, Are You Listening ?* de Bary Blesser et Ruth Slater (2007)

cultural geography that could easily be walked. Soundmarks provided local cohesion¹²³

Ainsi le son rassemble, et détient le potentiel de faire émerger des expériences poétiques à la fois personnelles et collectives, qui se vivent en même temps qu'elle se partagent grâce à une essence résonante que l'image ne connaît pas, et qui crée du sens pour le commun¹²⁴.

En ce sens, le son a le pouvoir de rétablir la localité, l'identité, l'épaisseur de l'*ici* qui toutes tendent à disparaître dans le monde moderne globalisé. Ceci fait de la re-présentation sonore en temps réel un médium d'autant plus intéressant pour un *Méta-monitoring* des phénomènes.

6.2 Méta-monitoring V : instrument de mesure, instrument de musique

Parce que le son peut s'avérer plus approprié à la représentation de phénomènes évoluant dans le temps ; parce que ses qualités rythmiques peuvent aider à la reconnaissance de motifs ou de récurrences dans un set de données ; parce que le son rassemble ; la sonification¹²⁵, bien que moins populaire que la visualisation, fait l'objet d'un intérêt croissant auprès des communautés scientifiques. Elle constitue aujourd'hui un outil d'analyse à part entière, le plus souvent complémentaire à sa cousine visuelle¹²⁶. Ainsi, les « morceaux musicaux » résultant d'une sonification poursuivent le plus souvent des objectifs analytiques ou réflexifs de la représentation.

Ceci semble cependant peu compatible avec l'expérience poétique que le *Méta-monitoring* recherche. En effet, la poétique telle que nous l'avons conceptualisée tout au long de ce mémoire naît de la confrontation aux phénomènes au moment-même de leur occurrence. En ce sens, le *Méta-monitoring*, lorsqu'il mise sur une re-présentation – qu'elle soit sonore, visuelle, ou autre - de l'information atmosphérique, ne peut acquérir son caractère poétique qu'à condition que cette dernière ait lieu dans le temps réel. Le *Méta-monitoring* équivaut alors à un « saisissement » des phénomènes monitorés, débouche sur une compréhension alternative, plus « enveloppante », plus sensible et immédiate, et différente de la compréhension par l'analyse. Dans ce contexte, la fixité qui caractérise les morceaux résultant d'une sonification leur font perdre leur intérêt face à

¹²³ Blesser & Salter, 2007, p.30

¹²⁴ Nancy, 2002, pp.56-57

¹²⁵ « La sonification est la représentation et l'émission de données sous forme de signaux acoustiques non verbaux aux fins de la transmission ou de la perception d'information » (« Sonification », 2022)

¹²⁶ Hermann et al., 2011, p.1

la re-présentation « in real-time », gage d'ouverture sur un univers de paradigmes épistémologiques inédits. Pour les créateurs, ceci implique la conception de dispositifs-interfaces capables d'effectuer des mesures et de générer du son de manière simultanée, dans le temps réel : des instruments à la fois *de mesure* et *de musique*.

6.2.1 Le *Songe d'Ithaca* du Laboratoire NXI Gestatio¹²⁷

Figure 6.1 – Sonde Méridienne, telle que présentée au festival Image Sonore 2021



Crédits : Nicolas Reeves

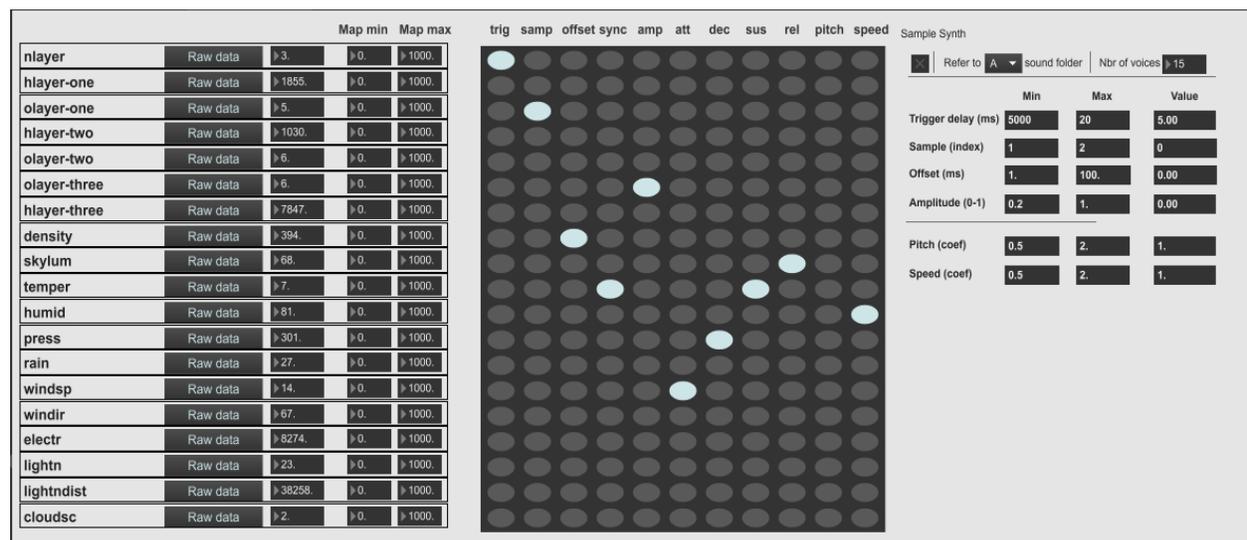
¹²⁷ Reeves, 1997-2021

C'est précisément cette forme de *Méta-monitoring* que l'on retrouve dans *Le Songe d'Ithaca* (Fig. 6.1). Dans cette installation, une variété de données atmosphériques sont récoltées en temps réel par un ensemble de trois senseurs - un ceilomètre, une station météorologique, et un détecteur de foudre - intégrés à une structure monumentale qui porte le nom de « Sonde Méridienne ». Les données de monitoring récoltées par la Sonde sont alors sujettes à une transposition sonore.

L'aspect le plus singulier du *Songe d'Ithaca* réside peut-être dans l'importante place laissée à la composition sonore. En effet, l'oeuvre se distingue d'une sonification assignée à des lois programmatiques fixes ou prédéterminées par la grande marge d'intervention laissée à l'artiste-concepteur dans le processus de composition.

L'intervention humaine dans le processus compositionnel est rendue possible par une interface matricielle programmée dans Max/MSP (Fig. 6.2). Cette matrice permet de coupler paramètres atmosphériques et paramètres musicaux en tout temps ; le compositeur doit pour cela activer ou désactiver les « boutons » correspondant à ses intentions compositionnelles par un clic de souris. On peut par exemple faire correspondre les données entrantes de nébulosité (en octas) de la troisième couche nuageuse détectée (olayer-three) à l'amplitude des ondes sonores générées. Ainsi, une couverture nuageuse dense produirait une musique très forte, alors qu'un ciel bleu la réduirait au silence.

Figure 6.2 – Matrice extraite du « patch » Max/MSP qui régit la transposition sonore dans le *Songe d'Ithaca*. À gauche, on retrouve les paramètres atmosphériques mesurés. La matrice permet l'association avec des paramètres musicaux situés en haut (trig, samp, etc.). Tous les paramètres, ainsi que leurs intervalles de variance, peuvent être ajustés manuellement au besoin. Crédits : NXI Gestatio



Ce « mapping » présuppose une bonne connaissance des paramètres mesurés, car leur numérisation en données chiffrées s'étale pour chacun d'eux sur un intervalle propre, tout en variant à un rythme propre ; les données de vitesse du vent (windsp) changent par exemple beaucoup plus rapidement et sur des intervalles plus larges que celles d'humidité, de température, ou de pression atmosphérique. La prise en compte de ces différentes signatures temporelles est vivement recommandée dans le processus de composition sonore, car c'est à travers elle qu'une forme de synesthésie entre musique et aléas atmosphériques, garante d'expériences poétiques, peut être établie.

Cette matrice, au-delà de favoriser la poésie en permettant la réintroduction du synchronisme perceptif aux phénomènes, ajoute une part d'indéterminé d'origine humaine dans l'œuvre. Ceci participe à faire de la Sonde Méridienne un objet technique ouvert dans la définition simondonienne du terme, à savoir une machine qui tolère l'imprévu, et qui « suppose l'homme comme organisateur permanent, comme interprète vivant » de la machine¹²⁸. La poésie du *Songe d'Ithaca* est alors double, provenant à la fois de la re-présentation en temps réel par le son, et d'une sensibilité à l'information extérieure au processus météorologique qui initie un détournement des objectifs machiniques.

La composition sonore du *Songe d'Ithaca* évolue donc au fil des variations atmosphériques autant qu'au fil des interventions humaines, dans une vision intégrée de l'humain au naturel qui fait penser à l'approche épistémologique de Hooke (cf. 3.2.1). Dans ce contexte, chaque modification apportée par le musicien dans le schéma compositionnel se situe à cheval entre une expérimentation esthétique (comment la modification va-t-elle modifier le timbre de l'expression atmosphérique ?) et une investigation scientifique (comment la modification va-t-elle se répercuter sur la compréhension des rythmes atmosphériques ?). Cette oscillation entre science et art font en sorte que la Sonde Méridienne peut être identifiée simultanément à un instrument de mesure et à un instrument de musique. Cette double-identité est judicieuse, car elle enrichit l'interprétation du résultat sonore par l'audience : ce dernier peut s'appréhender comme une observation

¹²⁸ Simondon, 1958, pp. 11-12

« passive » des mécaniques célestes d'une part, et comme un jeu musicien « actif » de l'atmosphère personnifiée d'autre part.

En tant qu'entité architecturale nomade, déployée ponctuellement sur des sites choisis, la Sonde Méridienne amène une nouvelle dimension aux lieux où elle est exposée ; sa présence crée l'évènement, invite le public à se rassembler autour d'elle pour assister conjointement au concert de hauteurs inaccessibles de l'atmosphère, exceptionnellement « ramenées au sol » pour l'occasion. En ceci, la Sonde Méridienne est aussi le véhicule d'une vision écologique du monde, car elle « vise à nous faire prendre conscience de notre position, de notre rôle et de notre échelle dans le flux des événements naturels [...] et que la réalité du monde que nous habitons se crée de la rencontre qui se fait entre eux, notre présence, et la nature du regard que nous posons sur eux »¹²⁹

¹²⁹ Reeves, s.d.

CHAPITRE 7

MÉTA-MONITORING ET L'ATMOSPHÈRE-LOGOSPHERE

La mention de la Sonde Méridienne nous permet d'aborder (enfin !) la partie « création » de ce mémoire, car ce projet du laboratoire NXI Gestatio a été, pour la chercheuse-créatrice en herbe que je suis, le terrain de prédilection de ma formation. Notamment, mon implication dans la remise sur pieds de la Sonde tout au long de l'année 2021 a impliqué une lente mais consistante prise en main du logiciel de programmation audiovisuelle Max/MSP, lequel s'est rapidement révélé à moi comme étant une porte d'entrée sur un monde infini de possibles artistiques. C'est d'ailleurs dans ce logiciel qu'a été programmée une bonne partie de la création finale du mémoire.

Figure 7.1 - Montage de la Sonde Méridienne au Château de Bussy-Rabutin, juillet 2021. La pluie ne nous a pas arrêté ! Crédits de l'auteure.



Aussi, mes participations au montage de la Sonde Méridienne, sur le toit du bâtiment de Design de l'UQAM d'abord et au festival Image Sonore dans les jardins du Château de Bussy-Rabutin (Fig. 7.1) ensuite ont non seulement été des expériences riches en apprentissages, mais ont aussi permis de définir plus précisément le cadre de ma propre pratique créative.

Car si j'ai été rapidement convaincue de vouloir moi aussi explorer la création sonore avec des données de monitoring atmosphérique, je devais trouver ma singularité dans cette pratique. Au vu de mon inexpérience dans le domaine, je ne voyais d'autre option que de parier sur le fait que cette singularité se construirait d'elle-même, organiquement, au fil des opportunités, des rencontres, des apprentissages, et de découvertes, mais aussi des obstacles.

Et en effet, la restriction des accès aux ressources pour la conception (atelier multi-technique, prêt de matériel, etc.) en temps de pandémie de covid-19, superposée aux limites de mes ressources matérielles et financières personnelles, ont fait en sorte qu'une bonne partie de mon temps de recherche-crédation a été dédié à des approfondissements théoriques ou à des explorations programmatiques (en Max/MSP notamment). Lorsqu'elles prenaient corps physiquement, ces explorations devaient assumer une échelle réduite.

7.1 Projet de création *Méta-monitoring* : idée et développement

L'une des conséquences de ces approfondissements¹³⁰ a été, comme cela se constate tout au long de ce mémoire, que mes recherches sur l'histoire de la mesure atmosphérique se sont progressivement orientées vers celle des télécommunications. Ce glissement est déterminant, car il m'a poussée à considérer le monitoring atmosphérique - à l'image des rapports téléphoniques entre *whistlers* et Thomas A. Watson - comme un moyen d'entrer en communication, d'engager une conversation avec l'atmosphère, de faire entrer l'atmosphère dans la *logosphère*.

¹³⁰ Un autre résultat heureux de ces approfondissements a été la publication d'un article (*Atmosphéries and the poetics of the in situ: the role and impact of sensors in data-to-sound transposition installations*) concernant la Sonde Méridienne dans le cadre de la conférence AudioMostly 2021, et qui a été gratifié d'un prix (« best student paper award »).

7.1.1 Radiophonie, broadcasting et l'élargissement de la conscience mondiale

Pour Gaston Bachelard, la *logosphère* désigne l'atmosphère verbale propre à la société moderne qui suit l'invention de la radiophonie :

[...] les bergsoniens ont parlé d'une biosphère, c'est-à-dire d'une couche vivante où il y a des forêts, des animaux, des hommes même. Les idéalistes ont parlé de la noosphère, qui est une sphère de pensée. On a parlé de la stratosphère, de l'ionosphère : la radio, heureusement, bénéficie d'une couche ionisée. Quel est le mot qui convient pour cette parole mondiale ? C'est la logosphère. Nous parlons tous dans la logosphère. Nous sommes des citoyens de la logosphère.¹³¹

En effet, il faut se rendre compte de la révolution culturelle qu'a amené la radiophonie. Avec elle, l'illettrisme ou un horaire trop rempli ne peuvent désormais plus servir d'excuse valable à l'ignorance ; la radio peut s'écouter par tous et toutes, et ce simultanément à l'exécution d'autres activités. Elle devient un instrument de cohésion sociale, qui regroupe les membres de classes et d'horizons variés, crée un sentiment d'union citoyenne jusqu'alors inégalé.

Plus qu'un moyen rapide d'obtenir de l'information, la radio permet de vivre les événements avec la même intensité et émotion que les personnes directement concernées. Par exemple, durant les inondations des fleuves Mississippi et Ohio en 1937, les voix des victimes tout comme celles des secouristes se font entendre à travers le pays, forçant un sentiment rassembleur d'empathie à grande échelle. La politique et le commerce profite eux aussi abondamment du pouvoir cohésif de la radio. Elle se révèle un instrument de propagande idéal, que s'approprient volontiers les figures dirigeantes pour faire passer leurs visions à la population.

Mais l'impact le plus remarquable de la radio se trouve sans doute dans la musique. Avant la radio, les morceaux sont diffusés par des partitions de piano et par téléphone arabe. Ceci limite les chansons populaires à des styles bien précis. Aussi, la musique jouée en direct à la radio sonne mieux que sur un enregistrement sur disque écouté en privé, de sorte que les spectacles de musique en direct deviennent un élément immanquable des débuts de la radio. Aux États-Unis,

¹³¹ Bachelard, 1988, p.175

de nombreux lieux de spectacle, comme le Cotton Club de Harlem, possèdent d'ailleurs leurs propres émetteurs radio pour diffuser des spectacles en direct à travers tout le pays.

Ainsi, la radio dépasse de loin le simple instrument de communication ; elle est la garante d'un accès démocratisé, jusqu'alors inégalé à la culture. La radio crée une effervescence, et lorsque Bachelard associe la « parole mondiale » radiophonique à une logosphère, il comprend la voix de la radio comme véhicule d'un inconscient collectif, sans appartenance, et qui, à l'image du rhizome, peut être alimenté par chacun des membres de la société. Ainsi, la radio est une réalisation de la psyché dans la vie quotidienne, une porte d'entrée dans la rêverie universelle¹³².

7.1.2 Donner une voix à l'atmosphère

Le noeud conceptuel de ma création finale s'est établi dans la réalisation que l'atmosphère, bien qu'elle soit la Grande Hébergeuse des phénomènes de transmission sonore et électromagnétique liés à la radiophonie, est pourtant exclue de cette émulation mondiale. Dans ce contexte, la composition sonore à partir de données atmosphériques apparaît comme un vecteur d'intégration de l'atmosphère à la logosphère, assurant sa participation à une conversation qui ne saurait avoir lieu sans elle.

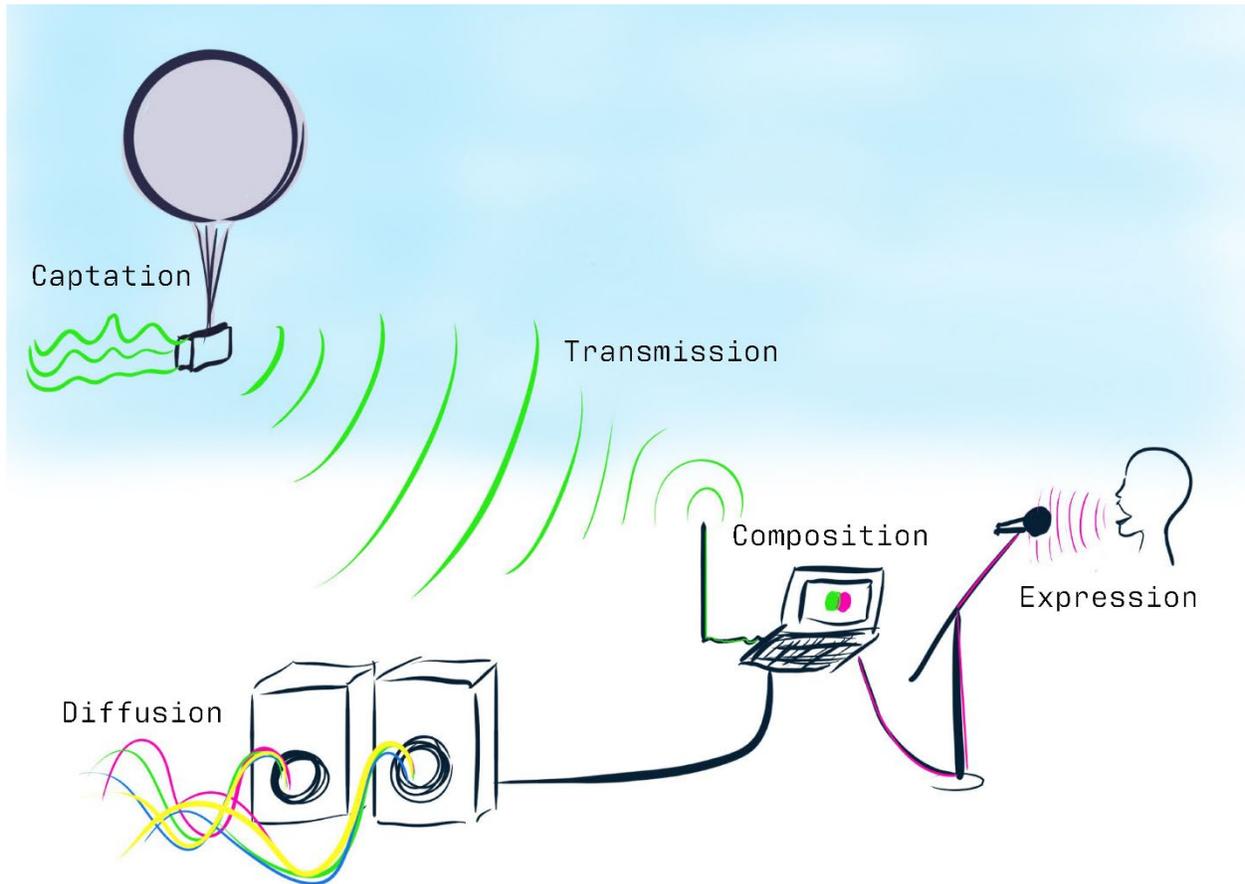
Pour rendre cette intégration plus plausible, il semblait nécessaire de doter la composition sonore avec les données atmosphériques d'une dimension vocale. Autrement dit, pour faire entrer l'atmosphère dans le *logos*, il fallait lui donner une voix. Deux possibilités se présentaient alors ; utiliser le data atmosphérique comme substrat pour une synthèse vocale (voix humaine artificielle), ou l'envisager comme une base pour la transformation de voix existantes (voix humaine réelle). Or la deuxième option était non seulement moins ardue, mais dépendait aussi d'une intervention humaine dans le processus compositionnel qui la rendait plus propice à l'interaction avec un éventuel public-récepteur.

C'est donc sur cette dernière idée que souhaitait se baser la partie création de ce mémoire sur le *Méta-monitoring*. Plus précisément, le projet (synthétisé en Fig. 7.2) était le suivant : une petite radiosonde artisanale performerait une captation de données atmosphériques en extérieur; cette

¹³² Myung-Hee, 2011, p.693

radiosonde serait transportée dans les airs grâce à un ballon météorologique ; les données captées en vol seraient alors retransmises au sol en temps réel par ondes radio jusqu'à un ordinateur ; au sein de cet ordinateur aurait ensuite lieu la composition sonore avec la voix humaine, dont le résultat serait finalement diffusé publiquement.

Figure 7.2 – Schéma synthétique pour la création finale de Méta-monitoring. Crédits de l'auteur.



7.1.3 Les quatre avenues du projet

Ce projet demandait donc un travail qui s'étalait sur quatre grandes avenues : une aéronautique (faire voler la radiosonde), une électronique (concevoir la radiosonde), une télématique (assurer la transmission des données par radio à distance), et une informatique (créer un programme de composition sonore).

Chacune de ces avenues a nécessité son propre cheminement, et il serait difficile de relater leur processus de développement respectifs sans entrer dans une avalanche de détails ou de jargon.

Pour éviter d'achever les lecteurs qui nous ont jusqu'ici suivi, nous préférons donner un portrait rapide des défis principaux liés à ces différentes facettes de la conception.

Le défi principal du volet électronique¹³³ a été la familiarisation avec les microprocesseurs Arduino, qui était l'environnement de programmation choisi pour la conception de la radiosonde. Cette radiosonde combinait un ensemble de senseurs atmosphériques sélectionnés, et un second défi a été d'assurer le fonctionnement simultané des senseurs, de sorte à obtenir, en bout de ligne, un fichier texte contenant l'ensemble des données de monitoring à un moment précis. Ce fichier, réédité à chaque seconde, devait également être de taille minimale pour être compatible à une transmission radio.

Ceci nous amène aux défis de la télématique, qui a sans doute été la partie la plus difficile du projet, car gorgée de désillusions. En effet, après avoir fait l'acquisition de plusieurs modules d'antennes de transmission radio, et les avoir testés, force a été de constater qu'il existait une discrédance sans appel entre performance promise et performance réelle. Par exemple, le module d'antennes dit « LoRa » (pour Long Range), promettait sur le papier une transmission des signaux jusqu'à environ 10 km de distance, or la connexion entre module émetteur et module récepteur se perdait dans les faits lorsque ces derniers étaient séparés de deux ou trois coins de rue¹³⁴.

Ces limitations eurent un impact conséquent sur le projet final, qui prévoyait de faire voler la radiosonde à des altitudes au-delà du kilomètre. Cependant, l'ambition d'envol été par mise à mal par d'autres facteurs limitants - pénurie d'hélium, manque de préparation et de ressources, difficulté d'accès aux ballons météorologiques – de sorte que le volet aéronautique n'a pas (pour l'instant ?) pu être développé autant que souhaité.

Finalement, la partie informatique du projet, qui est celle de la composition sonore, a bénéficié d'un approfondissement particulier, notamment grâce à la participation à une résidence du réseau Hexagram organisée au printemps 2022¹³⁵. La résidence, véritable bulle d'exploration créative

¹³³ Il me semble important de souligner que la conception de la radiosonde n'aurait pu être possible sans le visionnement de centaines de minutes de tutoriels de passionnés, disponible gratuitement en ligne. Plus particulièrement, les vidéos publiées par iforce2d et de The DroneBot Workshop ont été des ressources exceptionnellement utiles.

¹³⁴ J'attribue ces insuffisances au contexte urbain de mes explorations ; la présence de buildings et autres obstacles physiques empêchait vraisemblablement la bonne circulation des ondes radio.

¹³⁵ La présentation des résultats de la résidence sont disponibles au visionnement à l'adresse : https://www.youtube.com/watch?v=pWQM_GFA1fM

après deux années d'immobilisme pandémique, mettait à disposition un système complet de spatialisation sonore, et a permis d'acquérir, grâce au soutien de collègues et autres participants de la résidence, d'acquérir une certaine indépendance dans la programmation en Max/MSP, la composition dans Ableton Live, et la spatialisation avec Spat. Pour le projet final du mémoire, la programmation logicielle était plus cadrée, concentrée autour de l'objectif de transformation vocale. Dans ce contexte-ci, les défis résidaient notamment dans la conception d'une interface avec laquelle les visiteurs pourraient interagir pour procéder à l'enregistrement de leur voix, et de trouver des schèmes associatifs pertinents entre paramètres spectraux ou musicaux et paramètres atmosphériques.

7.2 Projet de création *Méta-monitoring* : résultat final

Les fruits de ces développements ont abouti sur le projet final de *Méta-monitoring*, exposé à l'Annuel de Design 2022¹³⁶ (Fig. 7.3).

Le schéma-type d'expérience de l'installation finale était le suivant : les visiteurs s'approchaient de l'installation. Ils se retrouvaient alors devant une tablette tactile, un micro-enregistreur, et un moniteur d'ordinateur (Fig. 7.4). La tablette présentait un bouton (bouton « rec » rouge) d'enregistrement virtuel, codé dans Max/MSP. Si les visiteurs actionnaient ce bouton, un chronomètre s'enclenchait, leur donnant alors 8 secondes pour émettre un input vocal de leur choix (chant, cri, parole, ou autre) dans le micro. Ce court extrait improvisé était alors encodé dans l'ordinateur, soumis à une suite de traitements dont les intensités respectives variaient en fonction des données atmosphériques entrantes, puis diffusé dans l'espace d'exposition. Le résultat sonore de cette transformation était donc renvoyé aux visiteurs, qui pouvaient, par une écoute attentive, distinguer la trace de leur identité dans cette voix répondante, remodelée en temps réel par les variations du ciel. Cet écho atmosphérique était alors rejoué encore et encore, jusqu'à ce qu'un prochain visiteur se lance dans l'expérience.

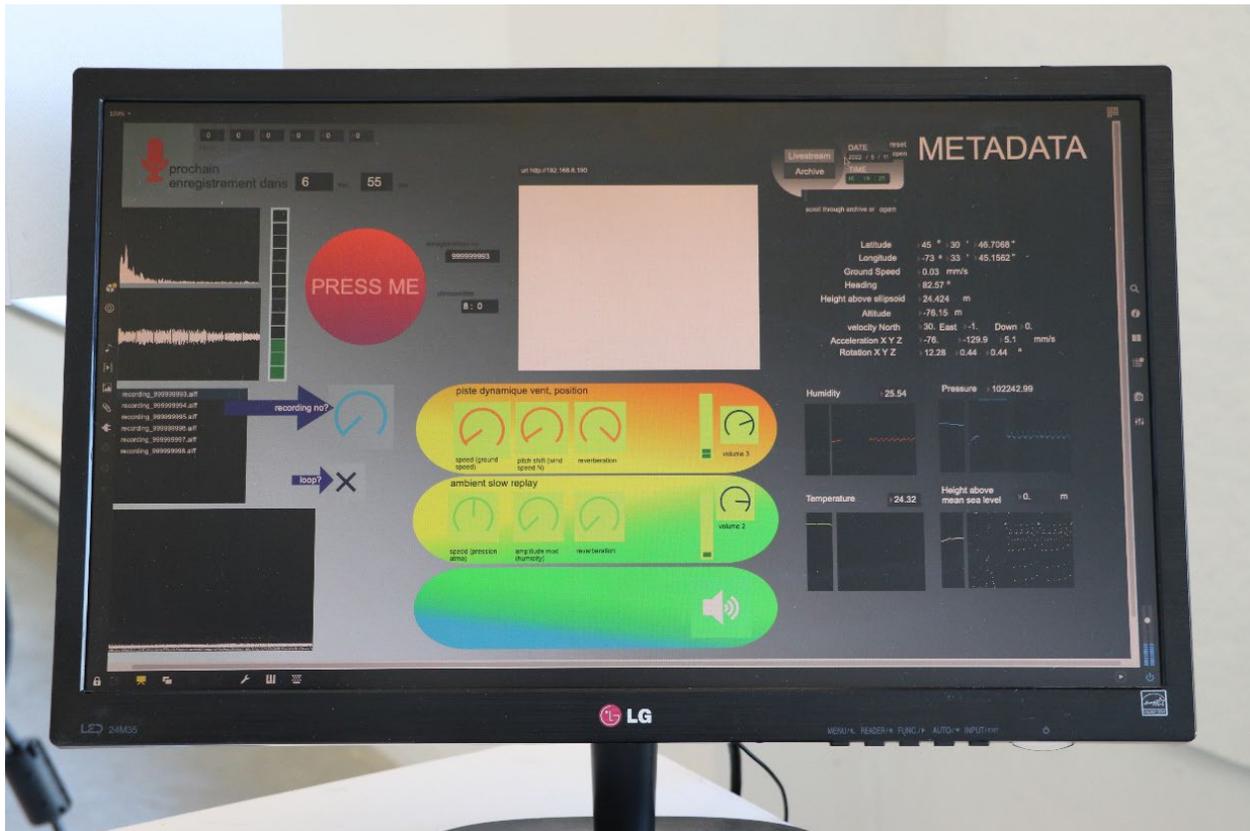
¹³⁶ Les extraits vidéos de l'installation devraient bientôt être disponibles sur le site web dédié à ce projet ainsi qu'à ses éventuelles itérations futures (telespherics.wordpress.com).

Figure 7.3 - Création finale de la recherche-création sur le Méta-monitoring, exposée dans le cadre de l'Annuel de Design 2022 à l'École de Design de l'UQAM. La qualité de la photographie est malheureusement assez mauvaise, mais on peut distinguer l'iPad sur son socle qui invite à appuyer sur un bouton REC d'enregistrement (à gauche), le micro-enregistreur Zoom (au centre), le moniteur affichant les données entrantes et les informations audio (détails ci-après), ainsi que le haut-parleur Bose (à droite). Crédits de l'auteure



Figure 7.4 – Patch Max/MSP (en « mode présentation ») de la création finale.

Sur la gauche, les enregistrements vocaux sont analysés et stockés. Sur la droite, on peut distinguer le data atmosphérique provenant en temps réel du toit de l'École de Design. Au centre (en dégradé), on retrouve des boutons dont les variations modifient l'empreinte audio des enregistrements joués, et qui sont contrôlés par le data atmosphérique entrant automatiquement. L'objectif du carré blanc était de servir à la retransmission vidéo depuis la radiosonde, qui était munie d'une micro-caméra. Malheureusement, la vidéo-transmission était instable, laissant l'écran qui lui était dédié le plus souvent blanc.



CONCLUSION

Dans ce mémoire, nous nous sommes plongés au cœur de différentes facettes de l'atmosphère, considérées à travers le prisme du développement de la science atmosphérique et de la météorologie. Nous avons pu voir comment l'avancement de ces sciences avait dépendu de l'introduction progressive d'éléments relatifs à un monitoring : enregistrement des données, mesure verticale, accélération des rythmes de mesure, réception immédiate de données, etc. Nous avons vu comment ces éléments avaient imposé des développements techniques qui se sont révélés être des défis successifs pour le maintien de la poétique intrinsèque de l'atmosphère. Nous avons, à la lumière de réflexions heideggeriennes et simondoniennes sur la technique, pu spéculer sur les modalités de rétablissement de cette poétique atmosphérique, et, par extension, sur l'émergence d'un *Méta-monitoring* de l'atmosphère. Nous avons notamment pu comprendre dans quelle mesure le synchronisme perceptif aux phénomènes était à relier à un tel rétablissement, et, à travers des exemples issus de l'art contemporain, pu voir comment les pratiques de re-présentation dataïque, ainsi que l'art de la téléprésence, pouvaient répondre à cet impératif synchronique. Parallèlement, nous avons pu découvrir en quoi la notion de « machine ouverte » telle que théorisée par Georges Simondon constituait une autre piste de rétablissement pour la poétique du monitoring atmosphérique moderne, et ainsi une autre voie pour un *Méta-monitoring*. Là aussi, l'art contemporain nous a fourni des preuves, et nous avons vu comment cette ouverture pouvait reposer dans un détournement des machines de monitoring de leurs objectifs traditionnels « machiniques » d'une part, et dans une magnification du chaos qui décrédisait la culture du contrôle technologique d'autre part.

L'évocation de la radiosonde – un instrument qui apparaît comme l'aboutissement des évolutions techniques nécessaires à l'établissement d'une météorologie réellement moderne - en milieu de travail a initié une focalisation croissante sur les liens entre atmosphère et télécommunications. Aussi avons-nous pu comprendre, en nous penchant sur le cas du téléphone, en quoi ces liens ont non seulement été à l'origine d'une révolution sonore, mais aussi, au vu du rapport que le téléphone entretient à la transduction, d'une révolution médiatique qui a décuplé les possibilités de re-présentation des phénomènes atmosphériques. Tout ceci, en plus de certaines propriétés

du son, nous a amené à considérer la re-présentation sonore de données atmosphériques comme une pratique particulièrement intéressante pour un *Méta-monitoring* de l'atmosphère.

Le travail sur la Sonde Méridienne du laboratoire NXI Gestatio a non seulement confirmé cet intérêt, mais a également constitué une opportunité de formation dans le domaine de la re-présentation dataïque en son. Progressivement, les confrontations entre recherches théoriques et réalités pratiques révélées par le travail de terrain ont créé un environnement propice à l'élaboration d'une contribution personnelle qui, parce qu'elle souhaitait s'inspirer de la radiophonie, s'est caractérisée par une volonté d'incorporer une dimension vocale au travail de re-présentation sonore. La création personnelle pouvait dès lors être appréhendée comme une tentative de faire entrer l'atmosphère - ou plus précisément, les données qui la représentent - dans la *logosphère*, une idée qui a trouvé son incarnation dans la synthèse d'échos à partir d'échantillons de voix humaines transformés par du data atmosphérique entrant. Or doter l'atmosphère d'une voix signifie également l'intégrer à la « parole mondiale », et parce que cette voix est vouée à changer en temps réel en fonction des états atmosphériques, cette intégration peut s'interpréter comme le début d'un retour à l'atmosphère « messagère » caractéristique de l'ère pré-technique, où l'expérience des phénomènes météorologiques alimentait la pensée mythopoïétique, servait de substrat à la construction de récits ou de mythes.

Si le travail de transformation vocale a pu être réalisé de manière relativement satisfaisante (et la résidence Hexagram a certainement eu son rôle à jouer là-dedans), il ne correspondait toutefois qu'à une partie d'un projet de création finale d'ampleur plus large, étalé sur quatre avenues, et bien que le résultat des explorations put être présenté en une entité fonctionnelle à l'occasion de l'exposition des finissants en design de l'UQAM, il serait abusif d'affirmer que la réalisation du projet final de la recherche-crédation ait été à la hauteur des ambitions initiales. En effet, les obstacles rencontrés dans les parties liées à l'aéronautique et à la télématique, peut-être aidés d'un manque de ressources, d'expérience, de motivation ou de conviction, ont empêché la complétion du projet tel qu'imaginé à l'initio, conformément à la figure 7.2. Aussi cela a-t-il permis de prendre conscience de l'investissement réel que demande la réalisation d'un projet qui, derrière une apparente simplicité, peut rapidement s'avérer complexe à gérer pour le chercheur-crédateur, puisqu'il s'articule autour de plusieurs processus qui se déroulent simultanément et en temps réel.

Néanmoins, les échecs finaux n'imputent en rien la valeur du chemin parcouru et des apprentissages qui l'ont accompagné, et nous pourrions accueillir ici ces insuccès comme une opportunité de s'ouvrir sur des perspectives d'évolution du projet différentes de celles initialement prévues. Notamment, l'évocation de la double-identité entre instrument de mesure et instrument de musique au chapitre 6 incite à imaginer une réalisation du projet final à une échelle réduite, plus petite que celle de l'installation sonore : celle de l'objet. En effet, l'installation sonore finale telle que décrite au chapitre précédent était rassemblée autour d'éléments épars – un module de réception des données de monitoring, un ordinateur, un micro-enregistreur, une interface tactile sur tablette, un haut-parleur - qu'il devient tentant d'envisager regroupés en une seule entité de taille appropriée à une utilisation régulière et personnelle. Un tel objet, autrement plus compatible au nomadisme que l'installation sonore, pourrait alors fournir de prétexte à une déambulation, laquelle serait motivée par la recherche d'expériences poétiques situées. En effet, chaque utilisation de cet objet hypothétique déboucherait sur un résultat sonore unique, façonné par les conditions atmosphériques locales d'une part et les inputs vocaux du ou des utilisateur(s) émis à un instant donné de l'autre : comment sonne un poème récité en pleine tempête orageuse ? un chant méditatif sous une pluie fine ? un fou rire émis sous un soleil de plomb ?

L'objet décrit devient alors le générateur d'expériences d'un genre nouveau, où les interactions entre météo extérieure et météo intérieure se cristallisent, à la manière d'un album de souvenirs, en une série de compositions audibles marquées par les dynamiques de l'ici et du maintenant. L'accès à cet objet, ou sa possession, par un grand nombre d'individus pousse le fantasme plus loin. Le rassemblement et le partage de ces souvenirs sonores météorologiques accumulés par tout un chacun ne serait-il pas l'assurance de cultiver un rapport poétique, rafraîchi et apaisé à l'atmosphère, même lorsque celle-ci se déchaine ? Ne peut-on pas discerner, dans cette perspective de connexion simultanée aux réalités intimes des Sois et à celles, planétaires, du ciel, une voie toute tracée pour célébrer l'unicité de chaque instant, pour sublimer l'éphémère, pour entrer dans la rêverie universelle ?

RÉFÉRENCES ET BIBLIOGRAPHIE

Adey P : *Air*. Reaktion Books, WorldCat.org, 2014

<http://catdir.loc.gov/catdir/enhancements/fy1512/2015304845-b.html>

Agamben G, Rueff M : *Qu'est-ce qu'un dispositif ?*, Payot & Rivages, 2014

<https://books.google.ch/books?id=aPrPoQEACAAJ>

Aristotle, Webster E W : *Meteorology*. s.d.

<http://classics.mit.edu/Aristotle/meteorology.2.ii.html>

Bachelard G : *Le droit de rêver* (6e éd.), Presses universitaires de France, WorldCat.org, 1988

<http://catalogue.bnf.fr/ark:/12148/cb37592520j>

Baudrillard J : *Les Stratégies fatales*, B. Grasset, WorldCat.org, 1983

<http://catalogue.bnf.fr/ark:/12148/cb34741330z>

Blessner B, Salter L-R : *Spaces Speak, Are You Listening ? Experiencing Aural Architecture*, MIT Press, 2007

Blondel C, Wolff B : *Galvani et « l'électricité animale » · Histoire de l'électricité et du magnétisme*, site Ampère, 2007

<http://www.ampere.cnrs.fr/histoire/parcours-historique/galvani-volta/galvani>

Bowen D : *Tele-present water*, David Bowen, 2011

<https://www.dwbowen.com/telepresentwater>

Carré P A : *Le téléphone : Un monde à portée de voix*, Gallimard, WorldCat.org, 1993

<http://catalogue.bnf.fr/ark:/12148/cb35619088q>

Casson H N : *The history of the telephone* (Vol. 1-1 online resource (107 pages)), Project

Gutenberg, WorldCat.org, 1910

<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&scope=site&db=nlebk&db=nlabk&AN=1085253>

Conseil de recherches en sciences humaines (CRSH) : *Conseil de recherches en sciences humaines (CRSH)*, 2012. <https://www.sshrc-crsh.gc.ca/funding-financement/programmes-programmes/definitions-fra.aspx>

DuBois J L : *Invention and Development of the Radiosonde with a Catalog of Upper-Atmospheric Telemetering Probes in the National Museum of American History, Smithsonian Institution*, 2002. <https://doi.org/10.5479/si.00810258.53.1>

Encyclopedia.com : *Inca Mythology*, Myths and Legends of the World, s.d. <https://www.encyclopedia.com/humanities/news-wires-white-papers-and-books/inca-mythology>

fabric | ch : *Perpetual (Tropical) SUNSHINE*, 2005. http://www.fabric.ch/pts/FR_project_1.html

Forbes J D : *Report upon the Recent Progress and Present State of Meteorology*, Report of the First and Second Meetings of the British Association for the Advancement of Science, 1833

Foucault M : *Surveiller et punir : Naissance de la prison*, Gallimard, WorldCat.org, 1993 <http://catalogue.bnf.fr/ark:/12148/cb355675932>

Fragmentin : *The Weather Followers*, 2017 <https://www.fragment.in/artworks/the-weather-followers/>

Frankfort H, Groenewegen-Frankfort H A, Wilson J A, Jacobsen T, Irwin W A : *The intellectual adventure of ancient man : An essay on speculative thought in the ancient Near East*, The University of Chicago Press, WorldCat.org, 1946

Gosselin P, Le Coguieq E, Congrès de l'Acfas : *La recherche création : Pour une compréhension de la recherche en pratique artistique*, Presses de l'Université du Québec, 2006

- Guattari F, Deleuze G : *Capitalisme et schizophrénie* (Ser. Critique), Editions de Minuit, 1972
https://monoskop.org/images/5/5f/Deleuze_Gilles_Guattari_Felix_LAnti-Oedipe.pdf
- HeHe : *Nuage Vert, Helsinki*, 2008. <http://heheorgjrl.cluster023.hosting.ovh.net/projets/nuage-ver-no-1-helsinki>
- Heidegger M : *Entretien au Spiegel Fribourg-Zähringen* [Interview], 1966
http://palimpsestes.fr/textes_philo/heidegger/entretien_spiegel.html
- Heidegger M : *Essais et conférences* (4e éd.), Gallimard, WorldCat.org, 1958
- Helden A C, Schaffer S : *THE AGE OF THE AIR-PUMP*, 2008
- Hermann T, Hunt A, Neuhoff J G : *The Sonification Handbook*, Logos Verlag, 2011
- Hexagram : *Qu'est-ce que la recherche-crédation?* Hexagram - Réseau de recherche-crédation en arts, cultures et technologies, s.d. <https://hexagram.ca/fr/qu-est-ce-que-la-recherche-creation/>
- Himbert M E : A brief history of measurement, *The European Physical Journal Special Topics*, 172(1), 25-35, 2009. <https://doi.org/10.1140/epjst/e2009-01039-1>
- Hinterding J : *Aeriology. Haines & Hinterding*, 2008
<https://www.haineshinterding.net/1995/05/06/aeriology/>
- Hoernes H : *Die Luftschiffahrt der Gegenwart*, 2013
https://www.gutenberg.org/files/42489/42489-h/42489-h.htm#Seite_90
- Hunkin T (Réalisateur) : *The Secret Life of the Radio*, 2021
<https://www.youtube.com/watch?v=LMxate9gegg>
- Kac E : *Telepresence art*, 1994. https://ekac.org/telepresence.art._94.html
- Kahn D : *Earth Sounds, Earth Signals* (1^{re} éd.), University of California Press, JSTOR, 2013
<http://www.jstor.org.proxy.bibliotheques.uqam.ca/stable/10.1525/j.ctt46n4hg>

- Le Prado-Madaule D : L'astrométéorologie : Influence et évolution en France, *Histoire, économie & société*, 15(2), 179-201, 1996. <https://doi.org/10.3406/hes.1996.1867>
- Lewis T : *Empire of the air : The men who made radio*, Cornell University Press, WorldCat.org, 2021. <https://www.degruyter.com/isbn/9781501759338>
- Maxwell J C, Niven W D (Éds.): The Telephone (Rede Lecture), *The Scientific Papers of James Clerk Maxwell* (Vol. 2, p. 742-755), Cambridge University Press, Cambridge Core, 2011 <https://doi.org/10.1017/CBO9780511710377.070>
- Mayhew R : Review of Theophrastus of Eresus : On Weather Signs, par Theophrastus, Sider D, Brunschön C W, *Bryn Mawr Classical Review*, 2007 <https://bmcr.brynmawr.edu/2007/2007.09.40/>
- Middleton W E K, Spilhaus A : *Meteorological instruments* (Third edition revised., Vol. 1-1 online resource : illustrations), University of Toronto Press, WorldCat.org, 2018 <https://doi.org/10.3138/9781487572013>
- Mihailescu I-G : *Within One's Grasp : Constructing the Weather-Clock*, 2019
- Mulligan L : Self-Scrutiny and the Study of Nature : Robert Hooke's Diary as Natural History, *Journal of British Studies*, 35(3), 311-342, JSTOR, 1996
- Multhauf R : *The Introduction of Self-Registering Meteorological Instruments*, 2010 <https://www.gutenberg.org/files/32482/32482-h/32482-h.htm>
- Murphie A : Hacking the aesthetic : David Haines and Joyce Hinterding's new ecologies of signal, *Journal of Aesthetics & Culture*, 4(1), 18153, 2012. <https://doi.org/10.3402/jac.v4i0.18153>
- Musée Tinguely de Bâle : *Meta-Tinguely*, 2018. <https://www.tinguely.ch/meta/fr>
- Myung-Hee H L: Logosphère de G. Bachelard et les rêveries de langue, *Cross-Cultural Studies*, 25, 679-694, 2011. <https://doi.org/10.21049/ccs.2011.25..679>

- Nancy J-L : *À l'écoute*, Galilée, WorldCat.org, 2002
<http://catalogue.bnf.fr/ark:/12148/cb38884589f>
- Norton A : *Dynamic Fields and Waves* (First edition., Vol. 1-1 online resource (220 pages)), CRC Press, WorldCat.org, 2019. <https://www.taylorfrancis.com/books/e/9780429187513>
- Nova N : *Enquête/création en design* (HEAD-Genève), 2021
https://api.head-publishing.ch/uploads/FR_Nova_WEB_20b5c002cd.pdf
- Organisation Météorologique Mondiale : *Changement climatique et phénomènes extrêmes*, 2022
<https://public.wmo.int/fr/la-journ%C3%A9e-m%C3%A9t%C3%A9orologique-mondiale-2022-alertes-pr%C3%A9coces-et-actions-rapides/changement-climatique-et-ph%C3%A9nom%C3%A8nes-extr%C3%AAmes>
- Patowary K : *Signal Hill : The Birthplace of Modern Communications*, Amusing Planet, 2017
<https://www.amusingplanet.com/2017/09/signal-hill-birthplace-of-modern.html>
- Reeves N : *Harpes à Nuages*, 1997-2021. <https://cloudharp.nxigestatio.org/>
- Reeves N : *Observatoires de l'Inaccessible—Ancrage historique*, s.d.
<http://observatoires.nxigestatio.org/theoriques.html>
- Robert Hooke Society : *Career*, s.d. <https://www.roberthooke.org/career-h3.html>
- Robredo J-F : Raison et science dans la cosmologie contemporaine, *L'enseignement philosophique*, 58e Année(6), 5-17, Cairn.info, 2008
<https://doi.org/10.3917/eph.586.0005>
- Roland (F5ZV) : *Les premiers ballons-sondes, par Besançon et Hermite (1892)*, s.d.
<http://radiosonde.eu/RS01/RS01B11.html>
- Russolo L : *The art of noises* (Vol. 1-1 online resource (87 pages) : illustrations, portrait, music), Pendragon Press, WorldCat.org, 1986. <http://hdl.handle.net/2027/heb.07724>

- Schroeder P B : *Contact at Sea : A History of Maritime Radio Communications*, Gregg Press, 1967. https://books.google.fr/books?id=sEeaJC_y22EC
- Scofield B : *A History and Test of Planetary Weather Forecasting (221)*, Open Access Dissertation, 2010
- Shapin S, Schaffer S : *Leviathan and the Air-Pump (REV-Revised)*, Princeton University Press, JSTOR, 1985. <https://doi.org/10.2307/j.ctt7sv46>
- Shaw N : *Manual of Meteorology*, Cambridge University Press, 2015
<https://books.google.ch/books?id=YhZEBgAAQBAJ>
- Sider D, Brunschön C W : *On Weather Signs*, Brill, 2007
<https://books.google.ch/books?id=bNas2p8fJFAC>
- Simondon G : *Du mode d'existence des objets techniques*, Aubier-Montaigne, WorldCat.org, 1958
- Varney G J : Kite-flying in 1897, *Popular Science Monthly*, 48-63, 1988
- Visnjic F : The Weather Followers – Bringing serendipity to the digital life, *CreativeApplications.Net*, 2017. <https://www.creativeapplications.net/environment/the-weather-followers-bringing-serendipity-to-the-digital-life/>
- Wallstein R : Télécommunications—Histoire, In *Encyclopædia Universalis [en ligne]*, s.d.
<http://www.universalis-edu.com/encyclopedie/telecommunications-histoire/>
- Watson T A : *Exploring life : The autobiography of Thomas A. Watson* (Vol. 1-1 online resource (315 pages, 4 unnumbered leaves of plates) : portraits), D. Appleton, WorldCat.org, 1926
<http://books.google.com/books?id=Du1IAAAAMAAJ>
- Wikipédia : *Tempestaire*—Wikipédia, l'encyclopédie libre, 2020
<http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Tempestaire&oldid=170350799>

Wikipédia : *Martin Heidegger et la question de la technique*—*Wikipédia, l'encyclopédie libre*, 2022a

http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Martin_Heidegger_et_la_question_de_la_technique&oldid=192427665

Wikipédia : *Poïétique*—*Wikipédia, l'encyclopédie libre*, 2022b

<http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Po%C3%AF%C3%A9tique&oldid=193011352>

Wikipédia : *Sonification*—*Wikipédia, l'encyclopédie libre*, 2022c

<http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Sonification&oldid=192043510>

Wikipedia contributors : *Anu*—*Wikipedia, The Free Encyclopedia*, 2022a

<https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Anu&oldid=1106844332>

Wikipedia contributors : *Robert Hooke*—*Wikipedia, The Free Encyclopedia*, 2022b

https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Robert_Hooke&oldid=1103455539

Wikipedia contributors : *Whistler (radio)*—*Wikipedia, The Free Encyclopedia*, 2022c

[https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Whistler_\(radio\)&oldid=1103115223](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Whistler_(radio)&oldid=1103115223)