

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À CHICOUTIMI
en association avec
UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

ÉTUDE DE CAS D'ACTIVITÉS D'INTÉGRATION DES SCIENCES/TECHNOLOGIE ET DE PRATIQUES
D'ENSEIGNEMENT AU SECONDAIRE

THÈSE

PRÉSENTÉE

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DU DOCTORAT EN EDUCATION

PAR

UGO COLLARD-FORTIN

MAI 2023

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de cette thèse se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.10-2015). 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

J'aime parler du doctorat davantage en termes de « parcours doctoral », car cela met l'accent sur l'idée qu'il s'agit d'un processus, d'un chemin au cours duquel on change, on évolue et on se transforme. On chemine d'abord parce que l'on vit des choses importantes. Et lorsque je regarde ces dernières années, tellement d'expériences ont ponctué ma vie : des événements heureux comme la naissance de mes enfants Thomas et Sophie, et d'autres plus malheureuses comme le décès de mon père. Ces expériences ont transformé en tant qu'humain et ont, dans mon cas, fait de moi un jeune chercheur profondément humain qui fondamentalement apprécie les gens.

On évolue aussi parce que l'on rencontre des personnes significatives qui croisent notre route et qui très généreusement acceptent de faire un bout de chemin avec nous, de nous transmettre leurs connaissances, de nous partager leur expertise ou encore de nous offrir des opportunités incroyables. À cet égard, quelques remerciements s'imposent.

Je voudrais remercier d'abord mes collègues et amis du baccalauréat., de la maîtrise et du doctorat pour les échanges nombreux. La route a sans aucun doute été plus agréable à vos côtés et j'espère que nos chemins professionnels se recroiseront de nouveaux. Je voudrais également remercier les collègues chargé.es de cours, les professeur.es et tout le personnel administratif du DSÉ pour leur bienveillance et leur amitié. Si l'UQAC a été et demeure aujourd'hui un si beau milieu pour apprendre, c'est beaucoup grâce à vous!

J'aimerais remercier les membres du jury (M.Thouin, M. Zourhhal et Mme Groleau) pour leur temps et leur expertise dans l'évaluation de mon travail. Je tiens à remercier également les membres de mon comité de thèse pour leur soutien et leurs conseils précieux. Leurs commentaires ont été inestimables dans l'amélioration de ma recherche. Merci à Patrice qui m'a ouvert la porte de son équipe de recherche et avec qui j'ai eu la possibilité de participer à tellement d'activités formidables et formatrices. Un merci plus spécial à Diane qui a été à mes côtés depuis le début. Diane, dont j'ai envahi le bureau tellement de fois, souvent pour parler de la thèse, parfois juste pour parler de comment ça allait et mettre le placotage à date.

J'aimerais aussi remercier mes étudiants qui me poussent à offrir toujours le meilleur de moi, d'être un enseignant qui se renouvelle constamment et avec qui avoir entrepris des études aux cycles supérieurs a pris tout son sens.

Enfin, on avance avec assurance parce que nos racines sont profondes et que ces dernières croissent dans un terreau familial qui nous rend forts et bien ancrés. Pour ceux qui me connaissent moins vous ne savez peut-être pas que je suis la troisième génération d'enseignants, passant par ma mère Édith et mes grands-parents et aussi plusieurs membres de ma famille élargie. Chez nous, on a toujours parlé beaucoup d'éducation (même mon oncle Bruno avec ses petites perles de sagesse) et c'est sans doute parce que c'était dans le prolongement naturel de mon milieu familial que je me suis toujours senti bien et à ma place de faire de la recherche en éducation. Je souhaite te dire chère famille que tu as été une source constante d'inspiration, de motivation et aussi de distraction (dans le sens positif d'avoir besoin parfois besoin de changer d'air) pour moi tout au long de ce voyage. Merci à mes beaux-parents Guy et Lana pour leur disponibilité incroyable. Merci à ma mère et à mon père de toujours m'avoir fait sentir à la hauteur.

Merci à mes enfants d'être à mes côtés et de m'avoir aidé à relativiser mes problèmes et à garder les pieds sur terre. J'espère que ma démarche saura vous inspirer à aller au bout de vos rêves et de vos aspirations! Enfin, merci à Émilie, ma conjointe, pour ton écoute et ta bienveillance. Tu m'as toujours soutenu, encouragé, sans jamais m'avoir fait sentir que les efforts pour y arriver allaient être en vain...

Comme dit le proverbe, s'il faut tout un village pour élever un enfant, il a fallu de la même manière toute cette belle communauté pour élever un doctorant!

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	ii
LISTE DES FIGURES.....	viii
LISTE DES TABLEAUX	x
LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES.....	xi
RÉSUMÉ.....	xii
INTRODUCTION	1
CHAPITRE 1 PROBLÉMATIQUE DE LA RECHERCHE	5
1.1 L'émergence des sciences et de la technologie dans la société	5
1.2 Le besoin d'une approche intégrée d'éducation aux sciences et à la technologie.....	7
1.2.1 Pourquoi intégrer ?	8
1.2.2 Pourquoi intégrer en enseignement des sciences et technologie ?	12
1.2.3 Le contexte québécois de l'enseignement des sciences et de la technologie	17
1.3 Enjeux de l'intégration des sciences et de la technologie en enseignement	23
1.3.1 Enjeux liés aux enseignants de ST.....	23
1.3.2 Enjeux liés à la « culture » de l'école	27
1.3.3 Enjeux liés à l'évaluation en contexte intégré	29
1.3.4 Enjeux liés à l'enseignement du volet technologique	30
1.4 Le besoin de recherches portant sur l'intégration des ST.	32
1.5 La formulation du problème	34
CHAPITRE 2 CADRE CONCEPTUEL	36
2.1 L'intégration en enseignement des sciences/technologie	36
2.1.1 La définition des concepts de « technologie » et de « sciences »	36
2.1.2 Vers une définition opérationnelle du concept d'intégration.....	41
2.1.3 L'intégration : un fil d'Ariane à travers les différents mouvements d'enseignement des sciences et de la technologie.....	48
2.1.3.1 Le mouvement STS	49
2.1.3.2 Le mouvement d'éducation intégré aux STIM.....	53
2.1.3.3 Les « éducation à » en ST.....	56
2.1.4 Cadre descriptif pour l'intégration en ST.....	59
2.1.4.1 Les visées de l'intégration en ST	61
2.1.4.2 Les extraits de l'intégration en ST	69
2.1.4.3 La nature et ampleur de l'intégration en ST	71
2.1.4.4 Opérationnalisation de l'intégration en ST (les approches pédagogiques).....	74
2.1.4.5 Cadre descriptif de l'intégration en ST : synthèse et actualisation	84
2.1.5 Pratiques d'enseignement en sciences et technologie	86

2.1.5.1	Vers la définition de critères balisant les pratiques d'enseignement en intégration des ST ...	92
2.1.5.2	Des pratiques permettant la contextualisation/problématisation des apprentissages	96
2.1.5.3	Des pratiques d'enseignement permettant l'exploration de savoirs disciplinaires et intégrés et le développement d'une connaissance des interactions ST	98
2.1.5.4	Des pratiques articulant des démarches ouvertes et centrées sur l'élève.....	100
2.1.5.5	Des pratiques de régulation et d'évaluation des apprentissages inhérentes aux ST	102
2.2	Pratique d'enseignement.....	106
2.2.1	Pratique déclarée et pratique effective	110
2.2.2	Pratiques d'enseignement et activités d'apprentissage	111
2.3	Les objectifs de recherche	113
CHAPITRE 3 DEVIS MÉTHODOLOGIQUE		115
3.1	Recension des pratiques méthodologiques	115
3.2	Choix méthodologique : l'étude de cas multiples.....	118
3.2.1	La posture épistémologique	118
3.2.2	L'étude de cas	120
3.3	Opérationnalisation méthodologique.....	123
3.3.1	Sélection des cas	123
3.3.2	Procédure de collecte des données.....	125
3.3.2.1	Observation en situation	126
3.3.2.2	Entrevue semi-dirigée.....	129
3.3.2.3	Matériel écrit	131
3.3.3	Procédure d'analyse des données	131
3.4	Critères de validité	134
CHAPITRE 4 PRÉSENTATION DES RÉSULTATS.....		136
4.1	Description et analyse des activités d'intégration des ST.....	136
4.1.1	Description des activités d'intégration	137
4.1.2	Les visées de l'intégration.....	149
4.1.2.1	Les visées inhérentes aux élèves	150
4.1.2.2	Les visées inhérentes aux enseignants	158
4.1.2.3	Les visées de l'intégration : analyse transversale de cas.....	159
4.1.3	La nature et l'ampleur de l'intégration.....	162
4.1.3.1	La nature et l'ampleur de l'intégration : analyse transversale des cas	176
4.1.4	L'opérationnalisation de l'intégration en ST.....	180
4.1.4.1	Le design éducatif	181
4.1.4.2	Les supports à l'enseignement	184
4.1.4.3	Les ajustements à l'environnement d'apprentissage	189
4.1.4.4	Opérationnalisation de l'intégration : analyse transversale des cas	199
4.2	Les pratiques d'enseignement balisant l'intégration en ST	204
4.2.1	Des pratiques favorisant la contextualisation/problématisation des apprentissages en ST.....	204
4.2.1.1	Les pratiques de contextualisation/problématisation des apprentissages en ST : analyse transversale de cas.....	209

4.2.2	Des pratiques d'enseignement permettant l'exploration de savoirs disciplinaires et intégrés et le développement d'une connaissance des interactions ST	211
4.2.2.1	Pratiques permettant l'apprentissage de savoirs disciplinaires et intégrés et le développement d'une connaissance des interactions ST: analyse transversale de cas	215
4.2.3	Des pratiques articulant des démarches ouvertes et centrées sur l'élève.....	217
4.2.3.1	Les pratiques articulant des démarches ouvertes et centrées sur les élèves : analyse transversale de cas.....	225
4.2.4	Des pratiques de régulation et d'évaluation des apprentissages inhérentes aux ST	227
CHAPITRE 5 INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS.....		229
5.1	Les activités d'intégration des ST : interprétation et discussion	229
5.1.1	Les visées de l'intégration des ST.....	229
5.1.2	La nature et l'ampleur de l'intégration des ST.....	234
5.1.3	L'opérationnalisation de l'intégration des ST	240
5.2	Les pratiques d'enseignement balisant les activités d'intégration des ST : interprétation et discussion	245
5.2.1	Des pratiques favorisant la contextualisation/problématisation des apprentissages	247
5.2.2	Des pratiques permettant l'exploration de savoirs disciplinaires et intégrés et le développement d'une connaissance des interactions ST	248
5.2.3	Des pratiques articulant des démarches ouvertes et centrées sur l'élève.....	252
5.2.4	Des pratiques de régulation et d'évaluation des apprentissages inhérentes aux ST	253
CONCLUSION		255
ANNEXE I Grille d'observation qualitative.....		266
ANNEXE II Feuille de route-Entretien semi-dirigé		268
ANNEXE III Guide d'entretien- Entrevue <i>a priori</i>		271
ANNEXE IV Analyse synoptique - Activité Le jeu de Kermesse (Caroline).....		280
ANNEXE V Analyse synoptique - Activité Le planeur (Marc).....		283
ANNEXE VI Analyse synoptique - Activité Le laboratoire de robotique MRUA (Catherine).....		289
ANNEXE VII Analyse synoptique - Activité Le Compteur d'Eau (Carole)		292
ANNEXE VIII Guides d'entretien- Entrevues <i>a posteriori</i>		298
	ACTIVITÉ JEU DE KERMESSE (CAROLINE)	299
	ACTIVITÉ LE PLANEUR (MARC)	305
	ACTIVITÉ LE LABORATOIRE DE ROBOTIQUE-MRUA (CATHERINE)	311
	ACTIVITÉ LE COMPTEUR D'EAU (CAROLE).....	317
ANNEXE IX Courriel de sélection- Enseignants de ST (potentiels ou recommandés)		323

ANNEXE X Approbation éthique de la recherche326

RÉFÉRENCES330

LISTE DES FIGURES

Figure 1.1 — Parcours de formation en science et technologie au secondaire (Québec).....	20
Figure 1.3 — Représentation schématique de la répartition en « univers » des concepts de ST dans le PFEQ	21
Figure 2.1 — Réseau schématique d'un curriculum intégré (Beane, 1997).....	43
Figure 2.2 — Schématisation du spectre de l'intégration et des principales approches (Fourez et al., 2002; Rennie, Wallace, et al., 2012; Vasquez et al., 2013).....	45
Figure 2.3 — Articulation schématique du principe de l'intégration.....	47
Figure 2.4 — Dynamique de l'enseignement et de l'apprentissage dans le mouvement STS (Aikenhead, 1992).....	50
Figure 2.5 — Cadre descriptif pour l'intégration en ST issu de Honey et al. (2014)	61
Figure 2.6 — Schématisation des démarches de conception technologique et d'investigation scientifique proposée par les programmes de ST (Gouvernement du Québec, 2004).....	76
Figure 2.7 — Caractéristiques principales et secondaires de l'enseignement par projet en ST issues de Hasni et Belletête (2017)	84
Figure 2.8 — Synthèse et actualisation du cadre descriptif issu de Honey et al. (2014)	85
Figure 3.1 — Composition tabulaire des analyses synoptiques des activités (cas) d'intégration des ST .	128
Figure 4.1 — Jeu de kermesses-Cahier de l'élève — Cahier des charges (pp.2-3).....	139
Figure 4.2 — Jeu de kermesse- Quelques prototypes développés dans le cadre de l'activité	140
Figure 4.3 —Le planeur — Quelques prototypes développés dans le cadre de l'activité	143
Figure 4.4 — Le laboratoire de robotique MRUA — Photo du robot Lego <i>Mindstorm</i> (EV3) utilisé pour l'activité	144
Figure 4.5 — Le laboratoire de robotique MRUA — Programmation du robot — MRUA (en haut) et journalisation des données (en bas).....	145
Figure 4.6—Le laboratoire de robotique MRUA — Table d'essai des robots	146
Figure 4.7—Le compteur d'eau — Animation du compteur d'eau utilisé pour l'analyse technologique	147
Figure 4.8— Le compteur d'eau-Extrait du cahier de l'élève-Le cahier des charges (p.6).....	148
Figure 4.9— Le compteur d'eau-Exemple d'un prototype développé par une équipe	149

Figure 4.10 — Jeu de kermesse-Schéma d'intégration des liens ST	163
Figure 4.11 — Jeu de kermesse- Exemple 1 « TIC/TAC/TOE » (en haut) Exemple 2 « Le super collision » (en bas)	165
Figure 4.12 — Le planeur-Schéma d'intégration des liens ST	166
Figure 4.13 —Le planeur — Exemple 1 « Aile de dragon »	168
Figure 4.14 — Le laboratoire de robotique MRUA-Schéma d'intégration des liens ST	170
Figure 4.15 — Le laboratoire de robotique MRUA-Exemple de graphiques produits par les élèves	171
Figure 4.16 — Le laboratoire de robotique MRUA-Exemple de calculs réalisés par les élèves.....	172
Figure 4.17 — Le compteur d'eau-Schéma d'intégration des liens ST.....	174
Figure 4.18 — Mise en commun des schémas d'intégration des ST.....	177
Figure 5.1 — Synthèse des résultats et des apports spécifiques de la thèse en lien avec les visées de l'intégration des ST	233
Figure 5.2 — Synthèse des résultats et des apports spécifiques de la thèse en lien avec la nature et l'ampleur de l'intégration des ST.....	239
Figure 5.3 — Synthèse des résultats et des apports spécifiques de la thèse en lien avec l'opérationnalisation de l'intégration des ST.....	244
Figure 5.4 — Synthèse des résultats et des apports spécifiques de la thèse en lien avec les registres de pratiques d'enseignement.....	246

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 2.1— Typologie des courants du mouvement STSE issue de Pedretti et Nazir (2011)	52
Tableau 2.3 — Synthèse de de Vries (2007) des principales caractéristiques de « bonnes pratiques » en éducation technologique.....	95
Tableau 2.4 — Synthèse des critères de pratiques d’enseignement en sciences et en technologie	104
Tableau 3.1 — Perspectives méthodologiques des recherches sur l’efficacité/exemplarité en enseignement des ST.....	116
Tableau 3.2 — Synthèse des mouvements méthodologiques et analytiques en fonction des objectifs de recherche.....	133
Tableau 4.1 — Présentation synthèse des cas étudiés	138
Tableau 4.2 — Synthèse des visées pour les élèves des activités d’intégration des ST en fonction des cas	160
Tableau 4.3 — Synthèse des résultats inhérents à la nature et l’ampleur de l’intégration	178
Tableau 4.4 — Synthèse de la rubrique liée à l’opérationnalisation des activités d’intégration des ST ..	201
Tableau 4.5 — Synthèse des pratiques d’enseignement liées à la contextualisation/problématisation .	210
Tableau 4.6 — Synthèse des pratiques d’enseignement en lien avec l’apprentissage de savoirs disciplinaires et intégrés et le développement d’une connaissance des interactions ST	216
Tableau 4.7 — Synthèse des pratiques d’enseignement articulant des démarches ouvertes et centrées sur les élèves.....	226

LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES

AAAS	<i>American Association for the Advancement of Science</i>	PCK	<i>Pedagogical content knowledge</i>
ATS	Applications technologiques et scientifiques	PFEQ	Programme de formation de l'école québécoise
CCPE	Comité-conseil sur les programmes d'études	QSSV	Question scientifique socialement vive
CD	Compétence disciplinaire	QSV	Question socialement vive
CPE	Commission des programmes d'études	SAÉ	Situation d'apprentissage et d'évaluation
CSÉ	Conseil supérieur de l'Éducation	SE	Science de l'environnement
CST	Conseil de la science et de la technologie	SEA	Situation d'enseignement/apprentissage
DGF	Domaines généraux de formation	SIPE	Sommet international sur la profession enseignante
ERE	Éducation relative à l'environnement	ST	Sciences et technologie
ITEA	<i>International Technology Education Association</i>	STE	Science et technologie de l'environnement
NAE	<i>National Academy of Engineering</i>	STES	Science, technologie, environnement et société
NSTA	<i>National Science Teacher Association</i>	STIM	Science, technologie, ingénierie, mathématiques
NRC	<i>National Research Council</i>	STS	Science, technologie et société
OCDE	Organisation de Coopération et de Développement Économique	UNESCO	Organisation des Nations-Unies pour l'Éducation, la Science et la Culture

RÉSUMÉ

La nature et la complexité des problèmes auxquels fait actuellement face l'humanité rendent impératif d'articuler une réponse éducative en adéquation avec celles-ci, a fortiori en matière de formation aux sciences et à la technologie (ST). Pour ce faire, il est apparu opportun d'échafauder une éducation scientifique et technologique reposant sur le principe de l'intégration. En substance, ce dernier principe fait la promotion d'un enseignement qui se construit par l'entremise de problèmes ou d'enjeux ancrés dans la vie réelle dont la résolution ou l'étude force la mise en commun de savoirs ou de démarches qui d'ordinaire relèvent de matières traditionnelles différentes. L'empreinte de ce principe éducatif est d'ailleurs fortement perceptible à l'intérieur des programmes québécois d'enseignement des ST du secondaire. Toutefois, différents constats montrent que l'opérationnalisation en milieu scolaire de l'intégration se bute à différents obstacles qui nuisent à sa prise en charge effective dans l'enseignement quotidien.

S'inscrivant dans ce contexte, cette recherche s'est intéressée aux activités d'intégration des ST ainsi qu'aux pratiques d'enseignement qui soutiennent la mise en œuvre de celles-ci. Pour ce faire, une étude de cas multiples (interprétative) a été conduite afin d'explorer différents cas d'activités d'apprentissage, mises de l'avant par des enseignants de ST, où cette dernière forme d'intégration des sciences et de la technologie était manifeste et réussie. Opérationnellement, cette étude est guidée par nos objectifs de recherche qui découlent de l'explicitation des concepts d'intégration des ST et de pratique d'enseignement. L'appareillage méthodologique s'est appuyé sur l'observation en situation, l'entretien semi-dirigé et le matériel écrit dont les données recueillies ont été analysées par le biais d'une procédure dite inductive.

L'examen desdits cas a permis de dégager les caractéristiques des activités ainsi que les pratiques d'enseignement qui ont été les plus à même de soutenir cette intégration, et ce, eu égard aux enjeux des programmes, de la recherche et de la pratique. Plus spécifiquement, les activités d'intégration ont été analysées par le prisme d'un cadre descriptif qui a permis de les décliner en fonction des visées retenues, de la forme particulière d'intégration privilégiée et de leur opérationnalisation en salle de classe. Quant aux pratiques d'enseignement accompagnant ces activités, celles-ci ont été principalement de l'ordre de la contextualisation/problématisation des apprentissages ainsi que de l'accompagnement des élèves à l'intérieur de démarches ouvertes.

Sur le plan scientifique, les résultats de cette recherche permettent de mieux comprendre les choix pédagogiques qui soutiennent l'intégration des ST telle qu'elle se vit en salle de classe. Sur les plans éducatif et social, cette recherche fournit des pistes pertinentes de travail pour l'ajustement des pratiques dans le domaine et pour améliorer in fine la formation scientifique et technologique des élèves qui seront les citoyens de demain.

Mots clés : Intégration des ST ; Enseignement intégré ; Enseignement des sciences et de la technologie ; STIM ; STS ; Interdisciplinarité ; Enseignement secondaire ; Étude de cas multiples ; Étude de cas interprétative

INTRODUCTION

Un intérêt et une préoccupation accrues pour l'enseignement des sciences et de la technologie (ST) sont actuellement remarqués, notamment en raison de l'importance grandissante de ce champ au sein des sociétés occidentales (Honey et al., 2014). Cependant, la considération croissante pour ce domaine de savoirs survient au moment où les formes d'éducation et d'enseignement qui sous-tendent ces disciplines peinent à rencontrer les défis contemporains de la formation scientifique et technologique (Giordan, 2010; Legendre, 1994; Organisation des Nations Unies pour l'Éducation, la Science et la Culture [UNESCO], 2003). Certains parlent d'une véritable crise pour décrire cette situation (Fourez, 2002c; Giordan, 2010) dont le corollaire le plus important est sans doute la désaffection de jeunes pour les ST, notamment pour les filières d'études rattachées à ce domaine (Hasni et al., 2015; Organisation de Coopération et de Développement Économique [OCDE], 2009). Parmi les causes invoquées pour expliquer cette situation, la question du « sens » attribué aux ST par les élèves, pendant et au terme de leur formation, s'avère fondamentale. En effet, les élèves auraient l'impression que les ST et l'enseignement qui s'y rattache s'adressent davantage aux scientifiques et à leurs apprentis qu'aux gens en général, car celles-ci ne les aident pas suffisamment « à mieux comprendre leur propre univers » (Fourez, 2002c, p. 3). Il en résulte qu'une majorité d'élèves, *a fortiori* de l'ordre secondaire, reconnaît l'importance des ST pour les sociétés et l'humanité (valeur extrinsèque), mais ajoute du même souffle ne pas se sentir personnellement interpellée par elles (valeur intrinsèque) et ne pas souhaiter entreprendre une carrière dans le domaine (Giordan, 2010; Hasni et al., 2015; Schmidt et al., 2013).

Ainsi, pour les sociétés, l'enjeu s'avère crucial, car la formation de citoyens engagés et d'une main-d'œuvre qualifiée en ST est capitale pour soutenir l'effort économique et le développement industriel qui lui sont associés (American Association for the Advancement of Science [AAAS], 1994). Le fossé semble se creuser progressivement entre la demande sociale en matière d'expertise technoscientifique et les effectifs d'élèves pour la combler (OCDE, 2006; 2008, citée dans Hasni et al. (2015)).

Afin de répondre à cette situation et d'intéresser plus d'élèves aux ST, nombre d'organisations scolaires ont proposé de renouveler, au cours des années 2000, les programmes-cadres d'enseignement des ST (Hasni & Lebeaume, 2010). Entre autres, on note l'inscription au curriculum d'éléments novateurs tels que l'intégration des disciplines scientifiques entre-elles ainsi que l'ajout, à l'enseignement des sciences, de nouveaux champs d'intérêt tels que celui de la technologie (Barma, 2008; Charland, 2009; Hasni, 2011a).

Pour plusieurs, la voie de l'intégration des ST est en mesure d'offrir une réponse aux enjeux auxquels fait actuellement face l'éducation scientifique et technologique en plus d'être un puissant catalyseur d'innovation sociétale (Honey et al., 2014; National Research Council [NRC], 2012b). Toutefois, ces importants remaniements curriculaires ont induit de nouvelles façons de faire pour les enseignants, c'est-à-dire de nouvelles pratiques d'éducation aux ST dont la mise en œuvre ne s'est pas opérée sans heurts (Conseil supérieur de l'éducation [CSÉ], 2013; Hasni, 2011b). En fait, les données de recherche actuelles laissent présager que de nombreux défis restent à relever afin de rendre effective l'intégration des ST (Bousadra et al., 2010; CSÉ, 2013). Cette thèse aborde les principaux éléments relatifs à cette dernière situation.

Le premier chapitre traite plus spécifiquement de la problématique, soit celle de l'enseignement intégré des ST au secondaire. Pour ce faire, la question de l'intégration est d'abord observée sous un angle théorique, mettant particulièrement en exergue les fondements de ce dernier courant. Par la suite, une étude exhaustive des programmes de formation en ST du secondaire est présentée afin de mettre en lumière la convergence de ces derniers avec les principes de l'intégration. Les différents enjeux, notamment les obstacles à la mise en œuvre de l'intégration, sont ensuite synthétisés et aboutissent à la définition du contexte de la présente recherche. Enfin, la question de recherche est formulée et s'ouvre sur le cadre de référence explicité au chapitre suivant.

Le second chapitre explicite le cadre conceptuel de la présente recherche. Il y est exploré les liens entre les différents concepts mis de l'avant, plus spécifiquement, celui d'intégration des ST et de pratique d'enseignement. D'abord, l'intégration en ST est positionnée dans une éducation aux sciences et à la technologie hybride (intégrée), notamment en dégagant les conditions rendant possible cette éducation. Ce positionnement débouche à l'élaboration d'une définition opérationnelle de l'intégration en ST qui permet, ensuite, une relecture de différents mouvements contemporains de l'enseignement des ST. Un cadre descriptif ainsi que des critères de pratiques d'enseignement propices à l'intégration des ST sont proposés, justifiés et adaptés en fonction d'éléments curriculaires et scientifiques. Ce cadre et ces critères de pratiques permettent d'apprécier les initiatives d'intégration en y incluant plusieurs dimensions éducatives complémentaires. Enfin, le second concept, soit celui de pratique d'enseignement, est abordé et décliné. L'explicitation de ces derniers concepts mène à la formulation des objectifs de recherche associés à cette étude.

Le troisième chapitre de cette thèse aborde la méthodologie employée dans le cadre de cette étude. Celle-ci est accompagnée par une critique de pratiques méthodologiques usuellement employées pour l'étude des pratiques d'enseignement efficaces en ST. Cette critique permet de consolider certains choix méthodologiques opérés allant de la sélection d'une posture épistémologique particulière à l'opérationnalisation de la recherche. Par la suite, l'orientation paradigmatique interprétative est précisée et justifiée eu égard à la question et aux objectifs de recherche. Ce positionnement guide ensuite la sélection d'une option méthodologique particulière, soit de l'étude de cas multiples de type interprétatif. De manière logique, le processus de sélection des cas est explicité à travers la perspective de la présente étude. Les différents outils et modalités de collecte de données, notamment l'observation en situation, l'entrevue semi-dirigée et le matériel écrit, sont détaillés et complètent la procédure globale de recueil. Aussi, la démarche d'analyse, qui a permis l'examen de ces données, est justifiée et décrite selon une stratégie dite inductive. Les critères de rigueur, favorisant la validité des résultats, sont discutés en fin de chapitre.

Le quatrième chapitre explicite les résultats découlant de l'analyse des données. Ceux-ci concernent d'abord les activités d'intégration vues sous le prisme du cadre descriptif explicité au chapitre II. Ainsi, les cas étudiés sont déclinés en fonction des visées poursuivies, notamment en lien avec les élèves et les enseignants. Ensuite, la forme d'intégration des ST est explicitée afin de décrire le maillage particulier des disciplines proposé par les activités. L'opérationnalisation complète la description des activités et permet de jeter un regard sur les tenants et aboutissants de leurs mises en œuvre en salle de classe. La seconde section de ce chapitre concerne les pratiques d'enseignement qui sous-tendent lesdites activités. Des critères permettent de regrouper les différentes pratiques d'enseignement qui se sont avérées compatibles et nécessaires à la mise en œuvre des activités d'intégration. Il est notamment question de pratiques relatives à 1) la contextualisation/problématisation des apprentissages, 2) l'exploration de savoirs disciplinaires et intégrés et le développement d'une connaissance des interactions ST, 3) l'articulation de démarches ouvertes et centrées sur l'élève et, enfin, 4) l'évaluation et la régulation des apprentissages en ST.

L'interprétation des résultats constitue le cœur du chapitre V de la thèse. Celle-ci permet de revisiter les résultats à la lumière des éléments théoriques présents dans la problématique et le cadre conceptuel. Elle permet également de rapporter les préoccupations de l'étude autour du questionnement de recherche

initial, soit les caractéristiques qui permettent une intégration des ST effective, de même que les pratiques d'enseignement qui supportent la mise en œuvre des activités.

Enfin, la conclusion retrace les grandes lignes et les éléments phares de l'étude. Pour ce faire, elle propose, entre autres, une synthèse du travail de recherche afin de dégager les forces et les limites, les apports et les propositions de recherches futures

CHAPITRE 1

PROBLÉMATIQUE DE LA RECHERCHE

Ce premier chapitre traite de la problématique à la base de ce projet de recherche. Celle-ci s’ancre plus spécifiquement dans le contexte singulier de l’enseignement intégré des ST au secondaire. Afin de cerner adéquatement le problème à l’étude, la problématisation débute par l’explicitation des fondements de l’intégration qui permet de rendre compte de son bienfondé et de sa pertinence pour l’enseignement des ST. Ce dernier développement permet ensuite de mieux comprendre l’arrimage entre cette approche et le curriculum actuel. Enfin, différents enjeux liés à l’opérationnalisation de l’intégration en ST sont explicités, menant à la présentation du contexte de l’étude et à la formulation de la question de recherche.

1.1 L’émergence des sciences et de la technologie dans la société

Le monde d’aujourd’hui est marqué par le développement scientifique et technologique (Barma & Guilbert, 2006; Jones & Bunting, 2015; Wautelet, 2005). Mondialement, ce dernier développement a influencé la course des sociétés contemporaines qui sont de plus en plus imprégnées par les technologies et les avancées scientifiques que les propulsent. Rétrospectivement, l’évolution de la filière ST, à plus forte raison celle de la technologie, a contribué aux avancées des civilisations et, plus largement, de l’humanité (International Technology Education Association [ITEA], 2003; Roy, 1998; Williams, 2012). Les domaines de la communication, de l’agriculture, de la médecine et de l’énergie ne sont que quelques exemples de champs parmi lesquels il est aisément possible d’observer l’impact fort positif que peuvent offrir les ST. Toutefois, le développement scientifique et technologique n’est pas systématiquement considéré comme étant synonyme de progrès (ITEA, 2003; Rennie, Venville, et al., 2012b). L’histoire est riche d’exemples où les avancées dans ce domaine ont été perverties ou encore ont été à l’origine de problématiques sociales, humaines et environnementales majeures (gouvernement du Québec, 2004). D’ailleurs, les manchettes font chaque jour état de problèmes gravitant autour des ST tels que des drames écologiques, des désastres naturels ou des tentatives de piratage informatique qui semblent progressivement s’intensifier (Alsop, 2009; Rennie, Venville, et al., 2012a). Dans ce cadre, les ST peuvent être vues paradoxalement comme l’engrenage clé d’une mécanique de développement inadapté à notre milieu de vie et comme la panacée aux problèmes actuels et futurs, tantôt origine et tantôt solution d’une même problématique (Collard-Fortin & Gauthier, 2014; ITEA, 2003).

Ainsi, vivre dans le monde d'aujourd'hui implique nécessairement une négociation et une interaction constantes avec les ST. Dès lors, le développement, pour tous les citoyens, d'une alphabétisation ou d'une culture¹ scientifique et technologique de base s'avère souhaitable, voire une condition *sine qua non* à une vie productive en société (AAAS, 1994; Barma & Guilbert, 2006; Conseil de la science et de la technologie [CST], 2002; Dakers, 2007; Fourez, 1994; gouvernement du Québec, 2004, 2006b; Honey et al., 2014; ITEA, 2003; NRC, 1996, 2012b; Santerre, 2006). S'appuyant sur le texte de cadrage du rapport sur *La culture scientifique et technologique au Québec* rédigé par le Conseil de la science et de la technologie (CST, 2002), Santerre (2006) la définit comme « la capacité d'appropriation individuelle et collective d'un ensemble de connaissances et de compétences en ST [...] elle correspond également à l'exercice du jugement critique par rapport à la réalité des ST, à leurs méthodes, à leurs incidences et aux enjeux qu'elles soulèvent » (p.43). Autrement dit, celle-ci correspond à un ensemble de connaissances et d'habiletés relatives aux ST dont l'appropriation constitue, à titre d'exemple, un pan essentiel de l'individu souhaitant prendre part de façons informée et responsable aux processus décisionnels d'une société démocratique ou encore du consommateur avisé désireux de mieux réfléchir à ses pratiques de consommation (Fourez, 1994; gouvernement du Québec, 1998; Hasni et al., 2015). Albe (2005) observe d'ailleurs que de nombreux curricula scolaires à travers le monde ont choisi de migrer vers une perspective plus démocratique et citoyenne d'éducation aux ST. Ce mouvement a été d'autant plus nécessaire considérant que les enjeux d'aujourd'hui et de demain font ou feront référence aux usages sociaux de ce dernier domaine de savoirs (Albe, 2015; Rennie, Wallace, et al., 2012).

Toutefois, si un certain consensus semble établi quant à la nécessité de développer une culture scientifique et technologique de base pour tous, il en va autrement pour définir ce qui devrait constituer une telle culture² et les manières par lesquelles celle-ci devrait être articulée à l'éducation formelle. En fait, le

¹ Le terme « alphabétisation » est une traduction du mot anglais *Literacy* utilisé dans de nombreux ouvrages anglo-saxons (voir par exemple AAAS, 1994; ITEA, 2000). Métaphoriquement, l'emploi de celui-ci renvoie à l'importance de l'alphabétisation au siècle dernier (Fourez, 1994). Bien qu'utilisé de façon synonymique, c'est davantage le terme « culture » qui est privilégié au Québec depuis près de trente ans, notamment en éducation dans les différents programmes d'enseignement (Voir Gouvernement du Québec, 1990, 2004, 2006b) ainsi que par le défunt Conseil de la science et de la technologie (voir par exemple CST, 2004).

² Plusieurs scientifiques et organismes de promotion des ST se sont penchés sur la question au cours des dernières décennies. D'importants ouvrages sur le sujet ont d'ailleurs été publiés dont les plus emblématiques sont, d'après Cajas (2001), le *Benchmarks for Science Literacy* (AAAS, 1994), *National Science Education Standards* (NRC, 1996) et le *Standards for Technological Literacy : Content for the Study of Technology* (ITEA, 2000). Rétrospectivement, ceux-ci ont aiguillé de nombreuses politiques d'éducation aux ST et ont présidé notamment à la refonte des programmes actuels d'enseignement des ST (Cajas, 2001; Gouvernement du Québec, 2004, 2006b; Santerre, 2006).

contentieux est particulièrement difficile à dénouer, car cela sous-tend des choix sociétaux, notamment en ce qui a trait aux finalités de l'enseignement s'y rattachant (Albe, 2015; Fensham, 2002; Fourez, 2002a). Par ailleurs, il importe de conjuguer à cet enjeu la mouvance entraînée par les changements rapides de notre monde qui rend difficiles les prédictions sur les connaissances et compétences à posséder pour évoluer dans le monde de demain (Cajas, 2001; Jones & Bunting, 2015; Rennie, Wallace, et al., 2012). En effet, un enjeu de la culture scientifique et technologique n'est pas tellement à propos de ce que « les gens font aujourd'hui », comme le relève Cajas (2001), mais concerne plutôt « le genre de compétences et les savoirs [scientifiques et technologiques] qui seront nécessaires dans le futur » (Traduction libre, p. 718).

Or, un nombre grandissant de supporteurs estiment qu'actuellement, une voie à privilégier pour la résolution du dilemme de la définition et l'articulation de la culture scientifique et technologique repose sur la sélection de contenus et d'habiletés qui devraient davantage être invoqués en fonction de leur pertinence eu égard aux problématiques locales et globales rencontrées par les communautés et les sociétés contemporaines (Beane, 1997; Gomez & Albrecht, 2013; Venville et al., 2012). En fait, cette manière d'articuler l'éducation aux ST est propre aux approches et organisations curriculaires s'inscrivant dans le courant de l'« intégration ». Celle-ci fait référence à une organisation de l'enseignement et de l'apprentissage s'articulant autour de problèmes ou d'enjeux significatifs (Beane, 1997) et qui, d'une quelconque manière, « franchit les frontières disciplinaires traditionnelles » (Venville, 2015, p.522). Les motifs sur lesquels repose ce choix sont pluriels et la prochaine section propose une synthèse de ceux-ci.

1.2 Le besoin d'une approche intégrée d'éducation aux sciences et à la technologie

Depuis les 15 dernières années, une certaine effervescence est constatée au sein de la sphère d'activités relevant de l'intégration en ST (Rennie, Wallace, et al., 2012). En effet, tel que le soulignent les auteurs du rapport américain produit pour le compte de la National Academy of Engineering (NAE) ainsi que du NRC, une convergence se dégage des nombreux mémoires de groupes influents en matière d'éducation, de politique et des affaires, et ce, quant à la nécessité « d'étendre et d'améliorer l'éducation aux STIM³ » (Honey et al., 2014, p.13; NRC, 2012b). C'est donc en s'orientant vers cette perspective que de nombreuses

³ Dans l'espace anglo-saxon, l'étiquette la plus fréquemment employée pour désigner les liens *sciences et technologie* de manière intégrée est celle des *STEM* (Honey et al., 2014). En français, il s'agit de la l'acronyme STIM qui est formé par les mots Science, Technologie, Ingénierie et Mathématiques. Le cadre conceptuel (chapitre II) de la présente thèse aborde plus exhaustivement les différents éléments terminologiques associés à l'intégration.

réformes curriculaires d'éducation scientifique et technologique ont migré au cours des dernières années (Charland, 2009; de Vries, 2009; Jones, 2012; Samson, 2013, 2014; Santerre, 2006). De nos jours, plusieurs curricula à travers le monde proposent des programmes scolaires dont l'enseignement se veut intégré ou interdisciplinaire. Nonobstant certaines spécificités, ces curricula ont en commun « l'effacement de frontières entre les disciplines scolaires traditionnelles », et ce, afin « de croiser les matières sur des sujets d'intérêt » (Rennie, Wallace, et al., 2012, p. 3). Différentes raisons ont selon Beane (1997) conditionné cet avènement, mais globalement il s'agissait surtout de motifs de nature éducative (*p. ex.* capacité des élèves à appliquer les connaissances apprises), pédagogique (*p. ex.* adhésion des enseignants à des pédagogies dites « progressistes »), épistémologique (*p. ex.* le savoir n'est pas fixé, pas plus qu'universel; il est construit et situé) et scientifique (*p. ex.* études sur le fonctionnement du cerveau lors de l'apprentissage). De manière plus exhaustive, cette position repose sur des motifs répondant à une logique bien définie qui pourrait, aux fins du présent texte, se résumer à répondre à deux questions : d'abord, pourquoi intégrer et, par la suite, pourquoi le faire en enseignement des ST ?

1.2.1 Pourquoi intégrer ?

La première question invoque des éléments plus généraux sur les approches d'intégration. D'abord, l'idée d'aborder l'enseignement dans une perspective intégrée résonne avec différents constats selon lesquels les problèmes touchant notre planète et l'humanité sont, en ce début du 21^e siècle, de plus en plus complexes et holistiques (Roehrig et al., 2021; Venville, 2015); leur résolution ferait appel conséquemment à une logique dépassant les traditionnelles frontières disciplinaires (Honey et al., 2014; Rennie, Wallace, et al., 2012). Pour Honey et al. (2014), les interactions telles que celles qui peuvent être générées entre sciences de la Terre, sciences sociales et sciences du comportement seront progressivement de plus en plus essentielles pour faire face aux enjeux entourant l'humanité et notre planète. Venville (2015) illustre la chose par le truchement du phénomène de réchauffement climatique, un problème mondial et complexe qui nécessite, pour être appréhendé, de croiser différentes perspectives disciplinaires complémentaires (*p. ex.* physique, chimie, biologie, géologie, histoire, économie, géographie, politique, etc.). Dès lors, pour que les jeunes quittent l'école en tant que citoyens informés et responsabilisés face aux problèmes locaux et mondiaux, il importe que l'enseignement s'adapte à cette caractéristique de complexité des problèmes en privilégiant notamment des approches intégrées qui font la promotion de l'éclatement des silos disciplinaires (Barma & Guilbert, 2006; Rennie, Wallace, et al., 2012).

Par la suite, la mise en œuvre de l'intégration peut constituer pour plusieurs une réponse aux limites des traditionnelles approches « disciplinaires »⁴ (Barma & Guilbert, 2006; Fourez et al., 2002). Ces dernières approches sont encore bien présentes dans de nombreux curricula scolaires à travers le monde (*p. ex.* dans les *curricula* européens de l'enseignement secondaire (Forsthuber et al., 2011) jouissant d'un statut hautement institutionnalisé et reconnu (Beane, 1997; Honey et al., 2014). Il est d'ailleurs commun que les disciplines⁵ telles que l'histoire, la physique, les mathématiques et la littérature forment la structure même sur laquelle reposent les curricula (Venville et al., 2012). Cependant, un débat oppose les tenants des approches disciplinaires à ceux de l'intégration, et ce, notamment sur le plan épistémologique.

D'abord, il importe de mettre en relief l'agencement des savoirs dans les différentes approches. L'enseignement disciplinaire se base sur l'idée que les disciplines « procurent des savoirs spécialisés permettant des explications rigoureuses sur des aspects clairement identifiés du monde [et, par conséquent,] apportent aux élèves la compréhension et les habiletés dont ils ont besoin pour résoudre des problèmes disciplinaires spécifiques » (Rennie, Wallace, et al., 2012, p.2). L'agencement qui en découle correspond à une parcellisation ou à une compartimentation des savoirs (Gardner, 2004). En contraste, l'intégration repose sur le postulat que les élèves doivent apprendre à réfléchir et à travailler « à travers les frontières disciplinaires », car le savoir est, dans la réalité, complexe, intégré et holistique (c.-à-d. formant un tout) (Beane, 1997). Ainsi compris, il est certain que sur le « front » épistémologique, ces approches s'opposent, l'une cherchant en quelque sorte à produire le contraire de l'autre : la spécialisation s'opposant à l'unification des savoirs. À cet égard, Venville (2015) ainsi que Young et Gehrke (1993) considèrent comme un véritable paradoxe que de parler « d'intégration des disciplines ». En fait, dans une perspective épistémologique socioconstructiviste, les sciences sont considérées comme une entreprise humaine (Fourez, 2002b). Ce faisant, les disciplines scientifiques et les savoirs qui les concernent sont des constructions sociales, contrastant avec l'idée répandue que ce sont des entités naturelles, objectives et exemptes d'influences humaines. Le découpage qui les caractérise est, par voie de corolaire, tout aussi social. Le paradoxe découle donc du fait que l'intégration suppose qu'on réunisse

⁴ Au sein de la littérature anglo-saxonne, ce terme est surtout retrouvé sous l'étiquette de *Discipline-based approaches*.

⁵ Une discipline peut être définie comme « un type d'effort intellectuel pour lequel un groupe de scientifiques partage un ensemble de questions de recherche, de méthodes de recherche et d'approches intellectuelles pour résoudre les problèmes » (Felton et al., 2013, p. 360). Chaque discipline a sa propre façon de comprendre les connaissances, ses propres traditions, langage, symboles, méthodes d'enquête et de communication (Venville, 2015). Les disciplines constituent dès lors des cultures épistémologiques distinctes « avec leurs propres pratiques normatives, terminologies, conceptualisations et compétences essentielles » (Venville, 2015, p.360).

plus d'une chose, en l'occurrence des disciplines et des savoirs qui, en dehors de l'activité humaine, formeraient d'ores et déjà un tout.

De plus, un autre enjeu concerne la portée et l'utilisation des savoirs qui peuvent découler de ces approches. Depuis la création des premiers établissements d'enseignement, les savoirs disciplinaires ont été subdivisés en « morceaux » afin de les rendre les plus faciles à investiguer, à comprendre et à communiquer d'une génération à l'autre (Venville, 2015). Or, plusieurs chercheurs estiment que la parcellisation des savoirs, souvent présente lors de l'enseignement « disciplinaire », n'est pas nécessairement la manière la plus fertile et appropriée d'enseigner ces savoirs aux élèves (Beane, 1997; Fourez et al., 2002; Rennie, Wallace, et al., 2012; Venville, 2015). En fait, Beane (1997) mentionne que la définition des problèmes à l'intérieur de disciplines séparées confine les savoirs véhiculés à l'intérieur des frontières disciplinaires et, par conséquent, diminue leur portée. En revanche, lorsque les savoirs sont inscrits dans une perspective intégrée, les problèmes peuvent alors être définis de manière plus holistique, tels qu'ils le sont dans la réalité (Beane, 1997 ; Rennie, Wallace, et al., 2012). Il faut comprendre que ce qui est critiqué ici est davantage la manière par laquelle sont apportés ces savoirs aux élèves, dans un cadre éducatif et scolaire. Le découpage disciplinaire demeure, quant à lui, une pratique fort utile pour la définition et l'approfondissement de certains problèmes liés au développement de savoirs en sciences. Les disciplines ont permis de développer un corpus de connaissances important et c'est en leur sein que certaines des idées les plus utiles se sont concrétisées. À titre d'exemple, définir la biologie autour de l'organisation cellulaire des êtres vivants a permis de pousser les analyses de certains phénomènes particulièrement loin. Il importe donc de retenir que l'intégration ne souhaite pas faire « disparaître » les disciplines, car elles sont appelées à procurer les savoirs disciplinaires spécialisés qui sont repris au sein des contextes et des activités d'intégration (Rennie, Wallace, et al. 2012). Il arrivera néanmoins que, dans la pratique, qu'une seule discipline ne suffise pour se représenter adéquatement une situation concrète (Fourez, 2002). Fourez (2002) soutient d'ailleurs que les élèves « ressentent fréquemment que l'enseignement monodisciplinaire qu'ils reçoivent ne leur permet que rarement de résoudre des situations concrètes » (Fourez, 2002, p. 341). Par exemple, Venville (2015) explore le phénomène des pluies acides qui peut être abordé selon une perspective uniquement liée à la chimie (disciplinaire) en traitant de concepts tels que le pH ou la neutralisation acido-basique. Ce faisant, il serait difficile pour l'élève de transposer sa compréhension de ce phénomène à la vie réelle ou encore d'argumenter et de débattre d'enjeux relatifs aux pluies acides, ce qui nécessiterait vraisemblablement la mise en relation avec d'autres concepts (perspective intégrée) provenant d'autres disciplines telles que l'économie, l'écologie, la biologie

et l'ingénierie. L'intégration n'est donc pas le déni des disciplines, mais, au contraire, l'utilisation de celles-ci pour éclairer une situation complexe et authentique afin qu'ultimement les élèves perçoivent « comment les disciplines trouvent leur sens » (Fourez, 2002, p.120). L'intégration amène au final les élèves à regarder le monde réel tout en tirant parti des forces issues des disciplines.

Par la suite, le statut académique des savoirs est également un élément à considérer lorsque la question de l'intégration est observée d'un point de vue épistémologique (Rennie, Venville, et al., 2012 a). Rennie, Venville et al. (2012a) distinguent deux types de savoirs, soit les savoirs disciplinaires et les savoirs « intégrés ». Les savoirs disciplinaires, mieux connus, correspondent aux connaissances produites par les disciplines ainsi qu'aux pratiques leur étant associées (Rennie, Venville, et al., 2012 a). Les savoirs intégrés, quant à eux, font référence aux savoirs et compétences nécessaires pour appliquer les savoirs disciplinaires dans différents contextes (Venville, 2015). Pour le dire autrement, les savoirs intégrés correspondent à des savoirs « transversaux »⁶ qui ne sont pas spécifiques aux disciplines, c'est-à-dire qui ne sont pas produites par elles, mais qui leur sont rattachées. En substance, ceux-ci relèvent de la réflexion interdisciplinaire, de la résolution de problème, de l'esthétisme, de la communication et de la collaboration (Venville, 2015). À titre d'exemple, des élèves qui expérimentent une activité intégrée peuvent faire des apprentissages sur les ratios (c.-à-d.. en mathématiques) et appliquer ces connaissances à un problème de génétique (c.-à-d en sciences). Le processus de transfert ainsi que l'application à un problème du monde réel peuvent être quelque chose que les élèves auront appris dans le contexte, mais qui ne seraient pas spécifiques aux mathématiques ou aux sciences. Des élèves pourraient également apprendre à travailler avec d'autres personnes apportant des points de vue différents et des connaissances différentes sur un problème. Ils devraient dès lors être capables de communiquer avec ces personnes, de collaborer et de négocier avec elles afin de résoudre le problème et de faire avancer leur projet. Or, la perception populaire (p.ex. enseignants, parents et élèves) de ces savoirs intégrés est que ceux-ci sont en quelque sorte « mous », difficilement testables, plus subjectifs et ouverts aux débats (de Brabander, 2000; Rennie, Venville et al, 2012). Par exemple, il est difficile de tester la capacité des élèves à transférer des connaissances ou d'utiliser différentes sources de connaissances ou de porter des jugements sur la qualité des connaissances provenant de différentes sources en situation d'examen. Ils seraient donc moins

⁶ Au Québec, la notion de savoirs intégrés fait écho, dans les programmes actuels d'enseignement, à celle de compétences transversales (Gouvernement du Québec, 2004; 2006). Selon Legendre (2005), il s'agit d'attitudes, de démarches mentales et méthodologiques partagées par les différentes disciplines. Elles n'ont donc « pas de frontières disciplinaires », font « l'objet d'interventions dans toutes les activités scolaires et disciplinaires » et « s'inscrivent dans une logique de décloisonnement horizontal, à travers les disciplines » (Legendre, p. 258).

tangibles et moins fiables à mesurer rendant, par le fait même, moins crédibles les activités s’y intéressant (Fourez, 2002). En contraste, les « savoirs disciplinaires » sont perçus comme étant plus « durs », car plus faciles à tester et, par conséquent, plus objectifs et mieux reconnus, ce qui leur conférerait un statut plus élevé que ceux intégrés (Venville, Rennie et al, 2012; Young, 2008). Toutefois, les approches d’intégration n’excluent pas l’exploration des savoirs disciplinaires, au contraire; c’est l’agencement des savoirs et les manières par lesquels ceux-ci sont apportés aux élèves qui se veulent différents (Beane, 1997; Venville et al., 2000). En fait, les savoirs disciplinaires sont simplement adjoints à des savoirs et des habiletés plus généraux, « transversaux » pour le dire autrement, qui dépassent la simple compréhension des concepts, se chevauchant plutôt que s’opposant. Pour citer Beane (1997), les savoirs disciplinaires ne sont pas « l’ennemi », mais bien davantage « l’allié utile et nécessaire » de l’intégration (Traduction libre, p.38). Ainsi, la perspective selon laquelle les activités intégrées ne contiennent pas de connaissances « précieuses » passe entièrement à côté du fait qu’il est possible pour les élèves d’acquérir des connaissances disciplinaires tout en apprenant des savoirs intégrés qui leur permettront d’appliquer ces connaissances dans différents contextes. Le défi est donc d’articuler ce que certains tentent d’opposer, c’est-à-dire de trouver un équilibre entre l’exploration de savoirs disciplinaires et intégrés, car l’un ne va pas sans l’autre.

1.2.2 Pourquoi intégrer en enseignement des sciences et technologie ?

La deuxième question réfère à des raisons qui sont davantage spécifiques à l’enseignement intégré des ST. En réalité, celle-ci oriente le présent argumentaire dans une logique plus proche du monde scolaire, traitant d’enjeux relatifs aux plans éducatif (*p. ex.* enseignement et apprentissage) et affectif (*p. ex.* attitudes et engagement des élèves).

D’entrée de jeu, il importe de mentionner que l’enseignement intégré des ST offrirait une formation qui se veut plus proche de l’activité scientifique et technologique actuelle et future, et ce, même si ce n’est pas nécessairement *a priori* sa fonction première. En effet, Weingart (2010) observe que les disciplines constituent de moins en moins les cadres par lesquels sont définis les sujets d’intérêt et les problèmes de recherche, ceux-ci étant davantage façonnés par l’inter et la transdisciplinarité⁷. D’ailleurs, l’utilisation d’approches en découlant est d’ores et déjà observée au sein de plusieurs domaines de recherche de pointe et cette tendance est vraisemblablement en augmentation (Honey et al., 2014; Venville, 2015). À

⁷ En transdisciplinarité les disciplines sont en quelque sorte fusionnées, les frontières entre elles disparaissent et les savoirs sont développés en fonction de leur capacité à répondre des problèmes dans un contexte d’application (*p. ex.* Rennie, Wallace, et al. (2012); Weingart (2010)).

titre d'exemple, le NRC (2009b) relate le cas particulier de la biologie moderne dont la résolution des questions les plus importantes et significatives nécessite l'interaction des sous-disciplines de la biologie, mais également l'apport de professionnels issus de la chimie, de la physique, de l'informatique, des mathématiques et de l'ingénierie. Honey et col. (2014) décrivent avec justesse la toile d'interactions de ces organisations interdisciplinaires :

Les scientifiques utilisent des outils technologiques pour mener des expériences ainsi que des mathématiques et des statistiques pour interpréter les données produites par ces expériences. Les ingénieurs s'appuient sur les connaissances scientifiques et le raisonnement mathématique pour développer et modéliser des inventions et des solutions de conception potentielles. Les technologues qui construisent et entretiennent les produits et les systèmes conçus par les ingénieurs doivent comprendre les principes scientifiques et mathématiques qui régissent leur fonctionnement. Et ces professionnels interagissent entre eux dans des équipes de plus en plus diverses et multidisciplinaires. (Traduction libre, p.20)

Ainsi, dans une logique où la formation aux ST se devrait d'être compatible et préparatoire au marché du travail, il s'avèrerait souhaitable d'adopter un mode de fonctionnement davantage interdisciplinaire et intégré, et ce, afin d'amener les scientifiques de demain à réfléchir à travers les traditionnelles frontières disciplinaires et à générer des interactions fertiles entre professionnels de tout acabit.

De façon plus vaste, la caractéristique la plus fréquemment associée à l'intégration est son nécessaire ancrage à des problèmes, des enjeux ou des contextes provenant du « monde réel », c'est-à-dire posés par la vie elle-même (Beane, 1997; Honey et al., 2014; Kelley & Knowles, 2016; Rennie, Wallace, et al., 2012; Venville, 2015; Venville et al., 2012), ce que plusieurs désignent ailleurs comme la « contextualisation » (Gouvernement du Québec, 2004, 2006b; Hasni et al., 2015). Cette association entre « intégration » et « contextes réels » est d'origines plurielles. À titre de rappel, mentionnons que l'enseignement disciplinaire a pour effet de compartimenter et de déconnecter les savoirs enseignés des modes de recherche par lesquels ils ont été produits. Il en résulte un enseignement de ces derniers décontextualisé, « dogmatique » et « inerte » pour paraphraser Rennie, Wallace, et al. (2012), qui peine à rejoindre les élèves et qui transmet une image de l'activité scientifique trop souvent éloignée de la réalité (Aikenhead, 2006). Ainsi, l'intégration s'avère une voie par laquelle l'enseignement des ST peut « connecter » davantage avec la réalité des jeunes et les préparer à la vie qui les attend après et en dehors de l'école (Margot & Kettler, 2019; Potvin, 2011). En effet, il est commun qu'à l'école, *a fortiori* lorsque cette dernière est structurée de manière disciplinaire, les apprentissages soient façonnés de façon à catalyser la réussite des élèves aux différentes épreuves évaluatives (Potvin, 2011); l'objectif tacite étant

en quelque sorte de permettre aux élèves de faire des progrès rapides à travers leurs parcours scolaires (Venville, 2015). Ce faisant, on ne les prépare que trop peu à investir ces apprentissages à la vie qui les attend hors de l'école, car les problèmes ou les situations réels que l'on y retrouve nécessitent de faire appel à des savoirs et des pratiques à la rencontre de plusieurs disciplines (Moore et al., 2014). Or, Potvin (2011) insiste sur le fait que

[...] le but de l'école n'est pas de réussir l'école, mais de réussir sa préparation pour la vraie vie qui nous attend après et hors de l'école [...] Il faut donc des activités qui préparent les élèves pour cette vraie vie et donc qui y ressemblent. (p.259)

Ainsi, résoudre des problèmes sans égard aux frontières disciplinaires, tel que promu dans les approches intégrées, est une pratique plus proche de la manière dont les individus fonctionnent dans la vie réelle (Rennie, Wallace, et al., 2012). Samson (2014) mentionne d'ailleurs que la plupart des défis auxquels les apprenants auront à faire face au cours de leur vie requerront « une réponse intégrée » (p.349). De plus, l'ancrage à des contextes ou problèmes réels permet d'amenuiser le fossé entre l'école et le monde « extérieur », et ce, tout en assurant des apprentissages variés (en l'occurrence disciplinaires et intégrés) et durables (Gauthier, 2011; Samson, 2014). Dès lors, il est raisonnable de penser que les élèves ayant appris à résoudre des problèmes à l'intérieur de cette approche seront davantage en mesure de le faire dans la vraie vie, de transférer et mobiliser plus aisément les apprentissages réalisés à la résolution de ces questions et, par conséquent, d'être mieux préparés aux aléas de la vie en général (Samson, 2010, 2014).

Également, la contextualisation en ST que nécessite l'intégration aurait certains effets positifs sur l'intérêt et la motivation des élèves, du moins davantage que les approches plus conventionnelles et disciplinaires (gouvernement du Québec, 1998; Honey et al., 2014; Jones, 2012; Rennie, Wallace, et al., 2012; Venville, 2015; Venville et al., 2012). Les études actuelles tendent à avérer le fait que les élèves s'engagent davantage et plus facilement à l'intérieur de situations où les problèmes sont pertinents à leurs yeux et s'enracinent dans la vie de tous les jours (VanTassel-Baska & Little, 2011; Venville, 2015). D'ailleurs, parmi les principales conclusions du rapport d'enquête portant sur l'intérêt pour les ST à l'école (Hasni et al., 2015), il est soutenu que le sentiment d'utilité pour les ST, qui est un prédicteur de l'intérêt général pour les ST et de l'intention de faire des études dans le domaine, peut être stimulé et favorisé par une contextualisation adéquate des apprentissages en ST. Cette conclusion converge d'ailleurs avec celles des études de Bennett et al. (2007) ainsi que de Margot et Kettler (2019) qui démontrent que la contextualisation conjuguée aux approches intégrées (c.-à-d. de type STS) favorise des attitudes plus

positives à l'égard des sciences à l'école que les cours conventionnels. Enfin, en rendant plus utiles et concrets les *curricula* scientifiques, certains pourraient y voir également une manière de faire face à la crise ressentie de l'éducation scientifique qui a engendré une désaffection des jeunes pour les disciplines s'y rattachant (Giordan, 2010).

Enfin, il semblerait que l'intégration offre des possibilités éducatives fort intéressantes à considérer, notamment sur le plan des apprentissages. Globalement, Honey et al. (2014) mentionnent que du point de vue de ce qui est actuellement connu sur la cognition et l'apprentissage, l'intégration peut être efficace puisque les caractéristiques de base de ces activités mentales favoriseraient la connexion entre les concepts, de sorte qu'ils seraient mieux organisés pour une récupération future et la création de sens. Ce sont ces structures de connaissances connectées qui peuvent aider les apprenants à transférer leur compréhension et leurs compétences à des situations nouvelles ou inconnues. Ensuite, en intégration, les apprentissages sont dits idiosyncratiques, c'est-à-dire qu'ils varient d'un groupe d'élèves à l'autre ou d'un élève à l'autre (Venville, 2015). Ceci est dû au fait que les situations intégrées et les problèmes s'y rattachant sont généralement ouverts, ce qui implique qu'ils offrent différentes voies de résolution (Roehrig et al., 2021). Les élèves qui emprunteront ces différents chemins en retiendront potentiellement des choses différentes. Ce caractère particulier qui pourrait être considéré par plusieurs enseignants comme une faiblesse s'avère en fait une force non négligeable de ces situations. En effet, Potvin (2011) explique que l'ouverture d'une situation d'apprentissage permet à plus d'élèves d'être simultanément dans leur zone proximale de développement, car les solutions empruntées par ces derniers seront à la mesure des capacités de chacun. En contraste, il est difficile, dans une approche transmissive, d'être simultanément (pour tous les élèves) dans cette dernière zone, ce qui engendre généralement le « désœuvrement à la fois des plus vites et des moins avancés » (Potvin, 2011, p.274). Ensuite, bien que le tissu scientifique sur le sujet demeure à ce jour quelque peu limité, certains constats peuvent néanmoins être tirés d'études bien conçues selon lesquelles l'intégration peut globalement mener à un « apprentissage conceptuel amélioré » dans les différentes disciplines rattachées aux STIM (Honey et al., 2014; Johnson et al., 2015). À titre d'exemple, les résultats de la synthèse de Bennett et al. (2007) révèlent que les approches de type STS permettent un aussi bon développement de la compréhension en sciences que les approches plus conventionnelles, voire parfois supérieures. Pour Venville et al. (2003), si le savoir est défini comme un outil conceptuel que l'élève peut appliquer à des problèmes réels, l'intégration peut dès lors conduire à une meilleure compréhension conceptuelle. De façon plus vaste, l'intégration permet de travailler un plus large spectre de savoirs, à la fois disciplinaires et intégrés, que les approches

conventionnelles de l'enseignement des ST (Honey et al., 2014). Ceux-ci sont plus durables et plus transférables d'un contexte à l'autre de la vie courante (Johnson et al., 2015; Samson, 2010). Par ailleurs, il est également possible d'observer des effets bénéfiques réciproques de l'intégration sur l'apprentissage des différentes matières, c'est-à-dire permettant une meilleure compréhension des objets d'apprentissage à l'intérieur des disciplines. Par exemple, Jones (2012) soutient que le couplage entre sciences et technologie permet de rattacher les concepts scientifiques à des applications technologiques de la vie courante, relevant par le fait même le niveau de compréhension des concepts et des principes scientifiques. Pour Penner et al. (1998) de même que Sadler et al. (2000), ce même maillage constitue une voie fertile pour débusquer des conceptions naïves chez les élèves, en l'occurrence lorsque l'exploration des concepts scientifiques est conjuguée à l'utilisation de la démarche de design (rattachée à l'ingénierie). Cajas (2001) ainsi que Roth (2001) constatent que les activités de design technologique sont des contextes puissants pour apprendre les sciences⁸. Des impacts positifs sur les apprentissages ont aussi été mesurés pour la dyade « sciences et ingénierie » (Fortus et al., 2004; Lehrer et al., 2008; Mehalik et al., 2008; Penner et al., 1998; Sadler et al., 2000; Siverling et al., 2019; Tran & Nathan., 2010b).

Évidemment, les études mentionnées précédemment ne montrent pas systématiquement de gain significatif sur tous les plans de l'apprentissage. L'étude de Tran et Nathan (2010a) par exemple montre un apport positif de l'utilisation du *design* sur la réussite en sciences (et en mathématiques) pour un groupe d'élèves provenant d'un milieu défavorisé tandis qu'aucun gain significatif n'est mesurable pour ces matières chez des élèves provenant de milieux mieux nantis. À cet égard, il importe de mettre en perspective les résultats parfois mitigés de l'intégration avec le fait que les apprentissages dans ce dernier contexte ne soient pas uniquement disciplinaires, mais aussi intégrés. Toutefois, faute d'instruments de mesure adéquats et de définition formelle de « pensée intégrée », peu voire aucune étude à notre connaissance ne s'est explicitement attardée à mesurer la capacité des dispositifs d'enseignement intégré à réellement permettre des apprentissages intégrés (Honey et al., 2014). Dès lors, il est donc raisonnable de penser que, même si les dispositifs intégrés étudiés n'ont pas permis de générer de tels effets positifs, ceux-ci auraient pu en revanche permettre l'apprentissage de savoirs et de compétences intégrés, auquel cas la question des retombées sur l'apprentissage pourrait être relativisée.

⁸ À titre d'exemple, dans un projet de conception d'un pont, les élèves peuvent associer les concepts de tension et de compression à un design de structure de pont, aborder les matériaux et leurs propriétés et comprendre comment la sélection de ces derniers affecte leur pont.

Enfin, Rennie, Wallace, et al. (2012) apportent une nuance importante à propos de la prise en charge de l'intégration, notamment qu'il n'y a globalement aucun avantage systématique associé à la variation du degré d'intégration. En d'autres termes, l'efficacité d'un curriculum et des activités qui s'y greffent devrait plutôt être jugée en fonction de ses visées et offrir une mise en œuvre de l'intégration en cohérence avec celles-ci (Honey et al., 2014; Rennie, Venville, et al., 2012a; Rennie, Wallace, et al., 2012). Ainsi, il importe de faire une lecture exhaustive des programmes ministériels afin de dégager le mandat lié à l'intégration, ce que la prochaine section se propose de faire.

1.2.3 Le contexte québécois de l'enseignement des sciences et de la technologie

Au cours des années 2000, le Québec emboîta le pas à la vague mondiale de réforme des programmes d'enseignement (Hasni & Lebeaume, 2010). Selon le Comité conseil sur les programmes d'études (CCPE), une des préoccupations majeures ayant guidé la refonte du curriculum était l'intégration des apprentissages (gouvernement du Québec, 2009). De nombreux programmes d'études ont été développés en concordance avec ce principe directeur (Samson, 2013). En ce qui a trait plus spécifiquement à l'enseignement des ST, Legendre (1994) anticipait qu'« une approche plus intégrée de l'enseignement des sciences nécessiterait sans doute des changements curriculaires importants, non seulement dans les contenus, mais dans la structure même des programmes d'études » (p.670) ce qui a été manifestement le cas. Les formations scientifique et technologique ont été profondément changées et ont notamment été appelées à former un champ d'enseignement unique, dit intégré.

Le Groupe de travail sur la réforme du curriculum avait élaboré, en amont de la réécriture des programmes, différentes propositions concernant l'enseignement des sciences et de la technologie. En plus d'opter pour une orientation qui devrait donner « le goût aux sciences » plutôt que de former les élèves en prévision d'une éventuelle carrière scientifique, ce dernier groupe a proposé notamment de « replacer les découvertes scientifiques dans leur contexte social, d'intégrer la science et la technologie et de favoriser une compréhension citoyenne des enjeux scientifiques et technologiques » (Gouvernement du Québec, 1997, p.50-51). La *Commission des programmes d'études* (1998) était également favorable à une approche intégrée de l'enseignement scientifique et technologique comme en témoignent ses écrits :

Elle [la Commission] est d'avis que le recours à une telle approche [l'intégration] est susceptible d'améliorer l'éducation scientifique et technologique des élèves. En sciences comme en d'autres domaines, la prise de conscience qu'une trop grande compartimentation des apprentissages selon les découpages disciplinaires empêche l'élève de faire des liens

entre ses divers savoirs a conduit à une augmentation de l'intérêt pour l'interdisciplinarité et l'intégration des matières. (p.26)

Elle voyait de surcroît en l'intégration de la technologie « une occasion de rejoindre des élèves qui ont d'autres modes d'appréhension du réel et de rompre avec un enseignement des sciences qui n'est pas exempt de pratiques élitistes » (Gouvernement du Québec, 1998, p.5).

C'est donc vers une perspective intégrée et davantage citoyenne de l'enseignement des sciences/technologie que s'est dessiné le Renouveau pédagogique (CSÉ, 2013). Une lecture exhaustive des différents programmes de ST du secondaire (Gouvernement du Québec, 2004, 2006b) permet de constater des changements au sein du curriculum qui témoignent d'une prise en charge importante de l'intégration (Gauthier, 2011). S'appuyant sur des travaux effectués par Samson (2013, 2014), il est en fait possible d'identifier plusieurs niveaux d'intégration dont trois font particulièrement écho aux principes phares soulevés en début de chapitre.

Le premier niveau réfère à des composantes plus générales des programmes, notamment aux domaines généraux de formation (DGF) ainsi qu'aux compétences transversales. Les DGF sont des domaines d'intérêt porteurs d'enjeux importants pour les individus et les collectivités. Au compte de cinq⁹, ils regroupent les problématiques auxquelles les jeunes doivent faire face dans différentes sphères importantes de leur vie et constituent les toiles sur lesquelles doivent s'inscrire les situations d'apprentissage. Évidemment, « les problématiques associées aux DGF trouvent un écho important dans celles que soulèvent la science et la technologie dans nos vies, en raison notamment de leurs répercussions sur l'économie, l'environnement, la santé et le bien-être » (Gouvernement du Québec, 2004, p.284), et peuvent aisément y faire référence. À nos yeux, cette composante du programme est une pierre angulaire pour la mise en œuvre de l'intégration. Par l'ancrage ou la contextualisation des apprentissages à des situations du « monde réel », les DGF permettent l'articulation des savoirs disciplinaires autour de problématiques ou d'enjeux significatifs pour les élèves et la société, ce qui est fondamental en intégration. Quant aux compétences transversales, celles-ci « font référence à des outils de divers ordres que l'école juge essentiels pour permettre à l'élève de s'adapter à des situations variées et de poursuivre ses apprentissages sa vie durant » (Gouvernement du Québec, 2004, p.33). Le développement des compétences transversales ne s'effectue pas dans l'abstrait; elles prennent racine dans des contextes d'apprentissage spécifiques, le plus souvent disciplinaire. Par conséquent, elles sont l'objet d'interventions

⁹ « Santé et le bien-être », « orientation et l'entrepreneuriat »; « environnement et la consommation »; « médias » ainsi que « vivre-ensemble et citoyenneté » (Gouvernement du Québec, 2004, p. 21)

dans toutes les disciplines, incluant les cours de science et technologie (Gouvernement du Québec, 2006b). À différents égards, l'idée que l'exploration des savoirs disciplinaires devrait aussi permettre l'apprentissage de savoirs et d'habiletés que l'on pourrait qualifier d'« intégrés » trouve un écho important dans le développement de compétences transversales. Des compétences transversales telles que résoudre des problèmes, exercer son jugement critique, se donner des méthodes de travail efficaces, coopérer et communiquer de façon appropriée sont des savoir-faire fréquemment invoqués pour illustrer les apprentissages intégrés (Venville, 2015).

Le second niveau découle du regroupement des mathématiques, des sciences et de la technologie sous un même domaine d'apprentissage. Au Québec, comme ailleurs dans le monde, l'appel à la création de ce domaine d'apprentissage ne date pas d'hier et a été le propos de nombreux rapports sur le sujet (voir par exemple le rapport de la CCPE (Gouvernement du Québec, 2006a) ou, antérieurement, du CSE (Gouvernement du Québec, 1991)). Le programme de formation relate d'ailleurs avec justesse la proximité et l'étroitesse des liens entre ces disciplines :

Depuis fort longtemps, ces disciplines sont intrinsèquement reliées et leur évolution de même que leur dynamique interne portent la marque de leur synergie. Ainsi, qu'il s'agisse de la conception ou de la représentation de certains objets technologiques, de la construction de modèles mathématiques ou encore de la représentation de phénomènes scientifiques naturels, l'interdisciplinarité qui les caractérise s'avère incontournable. (Gouvernement du Québec, 2004, p.225)

Ainsi, bien que dans le quotidien de leur mise en œuvre, il y ait une séparation entre l'enseignement des mathématiques et de la science et technologie, une interaction entre les deux est néanmoins souhaitée, partageant concrètement la responsabilité de développement d'une compétence disciplinaire commune¹⁰. Tout comme Samson (2013, 2014), il s'agit d'un pas de plus permettant le décloisonnement des matières scolaires et la réflexion de ces dernières comme partie intégrante de la formation de l'élève (Gouvernement du Québec, 2004).

Le troisième et dernier registre, sans doute le plus emblématique, touche l'intégration formelle des disciplines scientifiques (*p.ex.* biologie, chimie, physique, etc.) et de la technologie qui s'est traduit, plus concrètement, par la création de cours intégrés présents de la première à la quatrième secondaire (voir

¹⁰ Il s'agit d'une compétence disciplinaire liée à la communication, nommément celle de « Communiquer à l'aide des langages mathématique, scientifique ou technologique » (Gouvernement du Québec, 2004, p. 224)

Figure 1.1 pour la schématisation complète des cours et de leur répartition à l'intérieur des différents parcours de formation en ST au secondaire).

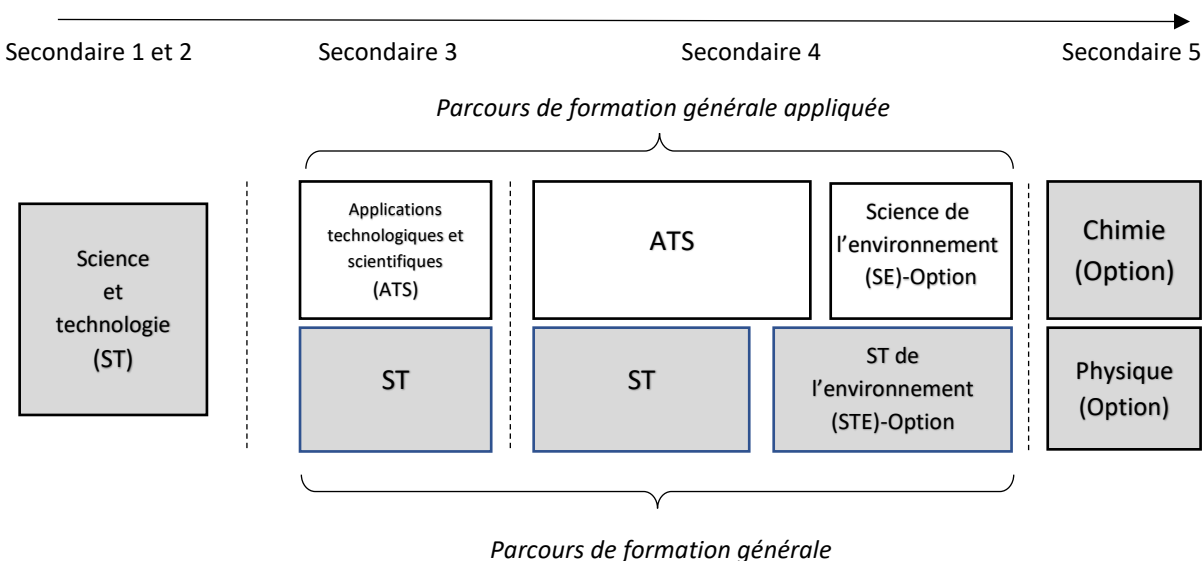


Figure 1.1 — Parcours de formation en science et technologie au secondaire (Québec)

De façon générale, deux parcours de formation s'offrent aux élèves : un davantage axé sur les problématiques de nature scientifique et environnementale (parcours de formation général) et l'autre axé sur les applications et problématiques technologiques (parcours de formation général appliquée). Ainsi, bien que certaines spécificités caractérisent ces voies de formation, celles-ci concourent toutes les deux à l'atteinte d'un objectif commun, soit le développement d'une culture scientifique et technologique, et visent le développement de trois compétences disciplinaires (Gouvernement du Québec, 2004, 2006b).

Le programme cible le développement de trois compétences [disciplinaires] interreliées qui se rattachent à des dimensions complémentaires de la science et de la technologie : les aspects pratiques et méthodologiques; les aspects théoriques, conceptuels et historiques; et les aspects relatifs à la communication. Les trois compétences pour le secondaire sont respectivement les suivantes : [CD 1] chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique ; [CD 2] mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques ; [CD 3] communiquer à l'aide des langages utilisés en science et technologie ». (Gouvernement du Québec, 2004, p.268)

À l'intérieur de ce champ intégré, les concepts prescrits constituent des connaissances essentielles au développement des compétences disciplinaires. Cela n'est pas sans rappeler que ce n'est pas la légitimité des savoirs disciplinaires qui est remise en question en intégration, mais davantage les manières par

lesquelles ces savoirs devraient être apportés aux élèves. À cet égard, les concepts sont désormais regroupés à l'intérieur d'« univers »¹¹ qui ont entre autres pour fonction de faciliter le repérage, par les enseignants, des concepts-clés que l'élève devrait s'approprier (voir Figure 1.2).

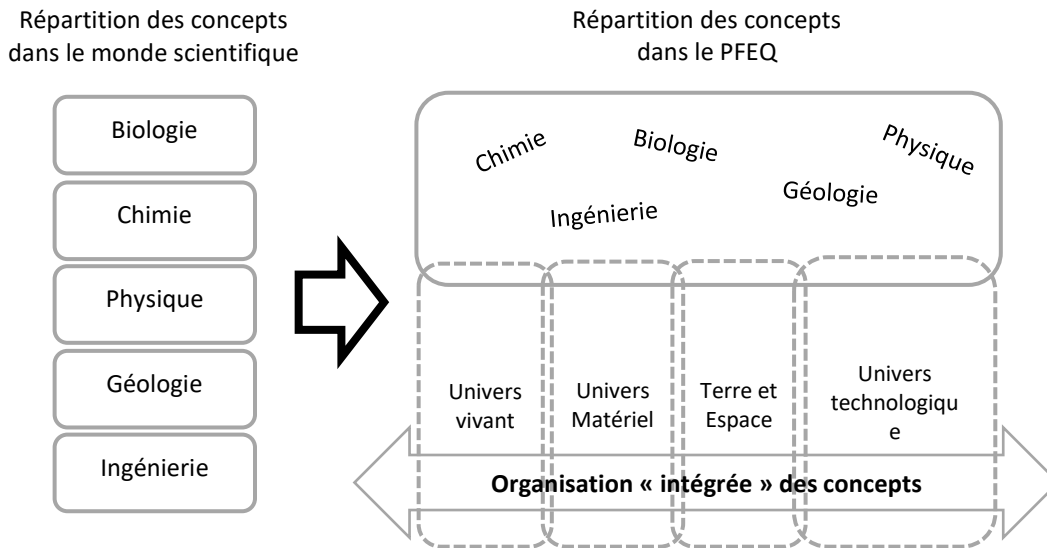


Figure 1.2 — Représentation schématique de la répartition en « univers » des concepts de ST dans le PFEQ

Ce regroupement est motivé par la complémentarité et l'interdépendance des savoirs inhérents aux ST (Gouvernement du Québec, 2004). L'enseignant est donc invité à tirer, à même ces différents univers, les concepts pertinents pour aborder un sujet ou éclairer une problématique. L'intégration dans une même situation de concepts puisés dans divers univers constitue d'ailleurs une approche privilégiée pour l'opérationnalisation du programme (Gouvernement du Québec, 2004, 2006b). Néanmoins, quelques précisions essentielles quant à l'utilisation des univers doivent être observées pour la conception des situations d'apprentissage (Gouvernement du Québec, 2004). D'abord, les frontières entre les univers ne sont pas étanches, mais perméables; de même, ils ne doivent pas être abordés séparément ni de manière séquentielle, mais au moyen de situations d'apprentissage et d'évaluation intégratives.

¹¹Au secondaire, le contenu de formation est divisé en quatre grands univers, soit l'univers matériel, l'univers vivant, l'univers Terre et Espace de même que l'univers technologique. (Gouvernement du Québec, 2004, p. 282).

Ces balises ont pour fonction d'éviter un nouvel « effet silo » qui pourrait être généré par l'exploration inadéquate des univers¹². Par la suite, les concepts retenus servent à alimenter, au même titre que d'autres ressources, les situations d'apprentissage et d'évaluation. Conséquemment, il ne devrait donc pas y avoir de hiérarchie entre les divers contenus (*p.ex.* savoirs disciplinaires, compétences transversales, stratégies, etc.) traités par une situation d'apprentissage. Enfin, en intégration, il est essentiel que les enseignants puissent conserver une marge de manœuvre dans la sélection des contenus puisque traiter d'enjeux réels implique parfois de s'écarter de la ligne prévue ou de ce qui est prescrit. Dès lors, la prescription de concepts ne doit pas être vue comme une limite, mais plutôt comme un seuil à atteindre que « la richesse des situations d'apprentissage et d'évaluation permet [de dépasser] » (Gouvernement du Québec, 2004, p.282).

Sur le plan pédagogique, les apprentissages en ST doivent être portés par des situations d'apprentissage contextualisées, ouvertes, intégratives et générant des activités diversifiées. La contextualisation est une condition essentielle à l'intégration (Kelley & Knowles, 2016; Margot & Kettler, 2019). Elle est présente dans la mesure où les situations d'apprentissage s'inspirent « de phénomènes naturels, de questions d'actualité, de problèmes du quotidien ou de grands enjeux de l'heure » (Gouvernement du Québec, 2004, p.272) s'inscrivant notamment dans les préoccupations liées aux DGF. L'ouverture des situations est également un allié de l'intégration, car elle favorise l'utilisation d'approches ou de démarches centrées sur l'apprenant, qui sont susceptibles de fournir différentes pistes de solution telles que la résolution de problèmes, le design, l'approche projet ou thématique. Ces critères constituent des contraintes de conception qui permettent aux situations d'apprentissage de refléter plus fidèlement la complexité des problèmes réels et la manière par laquelle les individus abordent ces problèmes dans la vie courante. Une situation est intégrative lorsqu'elle permet de mobiliser des connaissances issues des différents univers du contenu de formation. L'intégration exige donc non seulement la mobilisation de connaissances d'origines diverses, mais également leur articulation au sein d'activités. Enfin, le quatrième critère suppose qu'une même situation puisse générer des activités d'apprentissage diversifiées à l'intérieur desquelles l'élève est amené à jouer des rôles multiples.

¹² L'exploration des univers en ordre chronologique d'apparition dans un manuel scolaire constitue un bon exemple de transgression de ces balises.

1.3 Enjeux de l'intégration des sciences et de la technologie en enseignement

La précédente section a mis en évidence une prise en charge importante de l'intégration à l'intérieur des programmes actuels de ST, et ce, sur différents plans (*p. ex.* DGF, compétences disciplinaires et transversales, liens « ST » et « mathématiques » et liens « sciences » et « technologie »). Cependant, il serait impensable de s'intéresser à l'ensemble des possibilités décrites précédemment dans le cadre de cette étude, notamment pour différentes raisons liées aux impératifs de réalisation d'une thèse de doctorat. Ainsi, c'est le problème particulier de l'intégration des « sciences » et « technologie » qui a été retenu, car il s'agit d'une forme d'intégration qui est, comme nous le verrons, particulièrement en tension actuellement. En effet, même si la littérature annonce plusieurs avantages potentiels liés à la réunion de l'intégration à l'enseignement des ST et que cette approche soit d'ores et déjà présente dans les programmes d'enseignement des ST du secondaire, il importe que cette dernière soit minimalement et adéquatement mise en œuvre pour que les bénéfices prédits soient perceptibles chez les élèves (Gauthier & Collard-Fortin, 2015; Hasni, 2010; Lenoir & Vanhulle, 2006). Or, il semble que plusieurs éléments contraignent actuellement l'opérationnalisation et l'épanouissement de cette forme d'intégration (Hasni, 2011a).

Les prochaines sections déclinent donc les obstacles ou les freins recensés et les articulent en quatre registres distincts, soit 1 — les enseignants de ST, 2 — la culture de l'école, 3 — l'évaluation en contexte intégré ainsi que 4 — l'enseignement de la technologie.

1.3.1 Enjeux liés aux enseignants de ST

Le premier registre d'enjeux a trait aux enseignants de ST, plus particulièrement à leurs pratiques ainsi qu'à leurs formations. Il importe de mentionner d'entrée de jeu que l'avènement des nouveaux programmes d'enseignement en ST, notamment l'ajout du volet « intégration disciplinaire », a engendré un sentiment d'incompétence chez plusieurs enseignants (CSÉ, 2013; Hasni, 2011b). Ce sentiment provient entre autres de l'incompatibilité de certaines pratiques d'enseignement traditionnelles utilisées en milieu scolaire avant la réforme (*p. ex.* l'enseignement magistral axé sur la mémorisation d'information ou encore l'utilisation des manuels scolaires) avec la mise en œuvre de l'intégration (Beane, 1997; CSÉ, 2013; Rennie, Venville, et al., 2012a). Ainsi, considérant le défi que représente la transition vers ces nouvelles pratiques, il aurait été attendu que la réponse en matière de formation continue et initiale soit orchestrée de manière conséquente. Or, il appert que celles-ci ont accusé plusieurs ratés. D'abord, pour les enseignants en poste, la CPE (1998) émettait, antérieurement à la réforme, certaines réserves quant à la possibilité que ces

derniers puissent devenir des « généralistes » des sciences et de la technologie, du moins sans un perfectionnement adéquat. Il s'agissait en effet d'un défi de taille pour les enseignants considérant entre autres que « les contenus qu'ils doivent traiter en classe dépassent largement ceux pour lesquels ils ont été formés » (Gauthier, 2011, p.31). En fait, la Commission envisageait que la formation continue devrait minimalement couvrir pour le secondaire les besoins suivants :

- 1) Une sensibilisation aux objectifs de la réforme et à ses aspects inédits, comme le « Programme des programmes », qui s'adresserait à tous les enseignants et enseignantes de ce domaine;
- 2) une mise à niveau disciplinaire;
- 3) l'appropriation des nouveaux programmes de sciences et technologie, incluant l'habileté à utiliser l'approche intégrée. (Gouvernement du Québec, 1998, p.31)

Malgré ces recommandations, les activités de formation continue en la matière ont été jusqu'à maintenant rarissimes et, le cas échéant, peu employées par les enseignants (CSÉ, 2013). Par conséquent, il faut dire qu'encore aujourd'hui bon nombre d'enseignants de ST actuellement en poste ont reçu une formation « monodisciplinaire », c'est-à-dire spécialisée dans une discipline traditionnelle telle que la chimie, les mathématiques, la biologie ou la physique (Barma, 2008; CSÉ, 2013). Cette formation disciplinaire aux sciences contribue à ériger des « frontières de verre », pour paraphraser Lebeaume (2008), qui réduisent l'ouverture, en cours d'enseignement, vers d'autres contenus en marge de leur formation initiale (*p.ex.* la technologie) et à leur articulation de manière intégrée (Venville, 2015). Autrement posé, l'appel à l'intégration peut donc résonner différemment chez les enseignants de ST : certains peuvent y voir une occasion de « développement » et d'« émancipation » tandis que d'autre y verront une « entrave » ou un frein à l'enseignement des contenus usuellement associés à leur discipline (Lepage & Toutloff, 2021).

Plus récemment, Hasni et al. (2009) ainsi que d'autres auteurs (Davis & Krajcik, 2005) ont constaté que les ratés en matière de formation ont contribué à accentuer cette tendance. En effet, en l'absence, d'une « préparation suffisante », c'est-à-dire permettant de prendre en charge des contenus provenant de plusieurs champs disciplinaires, les enseignants se seraient naturellement reposés sur les manuels scolaires, par ailleurs approuvés par le MELS, pour « appliquer les nouveaux programmes de ST et pour développer de nouvelles pratiques professionnelles souhaitées » (Hasni et al., 2009, p.85). Or, Hasni et al. (2009) mentionnent, qu'en tant qu'objet, « le manuel véhicule une conception du savoir, une manière de considérer l'enseignement et l'apprentissage » (p.86). Ce faisant, la mise en œuvre de l'intégration dépend largement de la vision adoptée par les concepteurs de ces manuels à son égard et, par la suite, de la transposition didactique (effectuée par les enseignants) qui accompagne l'adaptation des contenus

disciplinaires en objets d'enseignement (Astolfi et al., 2008; Chevallard, 1985). Ces constats semblent converger avec la position de Savoie-Zajc (2010) sur les réformes scolaires, notamment que « celles-ci échouent souvent dans leurs efforts de modification des pratiques parce que l'accompagnement et le suivi sont négligés sinon occultés » (p.10).

D'autre part, il semblerait que les enseignants entretiennent encore une idée floue de ce qu'est l'intégration en ST (Beane, 1997). Gauthier (2011) insistent sur le fait que la qualité des activités d'intégration, notamment de type interdisciplinaire, « dépend également du niveau de compréhension que les enseignants ont du concept [d'intégration] et de la façon de l'appliquer, de le démontrer en classe » (p.32). Or, McComas (2009) soutient qu'il est rare que des enseignants aient eu l'occasion, soit en tant qu'élèves ou en formation des maîtres, d'expérimenter ou d'observer de telles situations à l'œuvre. Aussi, Rennie, Wallace, et al. (2012), Breiner et al. (2012) ainsi que Hasni et al. (2008) constatent que des termes liés à l'intégration tels que « STIM », « intégration curriculaire », « interdisciplinarité » ou « multidisciplinarité » font fréquemment l'objet de transgressions de sens avec d'autres termes analogues. Par conséquent, il n'est pas exclu que ce genre de confusion puisse entraîner des mises en œuvre vraisemblablement édulcorées ou encore diminuer le nombre d'options éducatives pouvant être considérées par les enseignants pour la conception d'activités d'intégration.

De surcroît, les différents cursus de la formation des enseignants de ST portent à croire que cette situation est vouée à perdurer puisque les programmes de formation des maîtres actuels accusent différentes lacunes (Guillemette et al., 2011; Samson, 2014). Un premier nœud a vraisemblablement trait à la formation initiale des enseignants en matière de technologie¹³. Samson (2013; 2014) ainsi que d'autres observateurs (Barma, 2008; Bousadra et al., 2010; Guillemette et al., 2011) des cursus de formation initiale en enseignement des ST constatent la pauvreté voire l'absence généralisée de formation en technologie dans les universités québécoises, et ce, tant sur le plan des démarches (*p. ex.* design, fabrication, dessin technique, etc.) que des contenus (*p. ex.* ingénierie mécanique, ingénierie électrique, etc.). Il s'agit, pour citer le Conseil supérieur de l'Éducation (2013), du « maillon faible de la formation initiale » (p.47). Un second nœud concerne la tradition disciplinaire institutionnelle présente au sein des universités québécoises (Samson, 2013, 2014). En fait, celle-ci implique que la plupart des formations initiales

¹³ Un bloc de la présente section d'enjeux liés à l'intégration lui est d'ailleurs consacré.

actuellement offertes au Québec demeurent structurées autour de cours ou de cheminements¹⁴ orientés vers les disciplines classiques telles que la biologie, la physique ou la chimie. Ce faisant, les connaissances y sont développées en silo et la tentation est forte pour les futurs enseignants de reproduire à leur tour ce même mode d'exploration des savoirs dans leur pratique d'enseignement des ST (CSÉ, 2013; Russell, 2015; Samson, 2013). Quant aux cours de didactique, certains y voient un « lieu privilégié » pour l'appropriation par les futurs enseignants de l'intégration (Samson, 2013). Toutefois, il est incertain que la formation en didactique permette de pallier, totalement et à elle seule, cette carence du volet disciplinaire de la formation initiale, considérant notamment le nombre limité de crédits qui lui est associé (CSÉ, 2013; Samson, 2013). Il est aussi question de l'appartenance disciplinaire des formateurs qui feraient preuve de « chauvinisme disciplinaire », notamment scientifique. Ceci s'incarne plus particulièrement dans leurs conduites, qui privilégieraient ainsi « leurs » contenus disciplinaires et s'assureraient de leur présence marquée dans les activités de formation à visée intégrative (Samson, 2013). Ainsi, les enjeux de la formation des enseignants en matière d'intégration peuvent être mis à mal, notamment en raison de l'« incompatibilité » de la formation initiale universitaire avec son fonctionnement.

En guise de synthèse, Fourez (2002c) résume avec justesse les limites associées à la formation des enseignants et les enjeux induits par celles-ci :

Ils [les enseignants de ST] n'ont guère été confrontés à des questions épistémologiques, historiques et sociétales. Leurs études ne se sont guère souciées ni de la pratique technologique, ni de l'articulation entre sciences et technologies, ni de démarches inter ou transdisciplinaires. Ils confondent souvent technologie et application des sciences. Quant à l'interdisciplinarité, on ne leur a que rarement appris comment, lorsqu'ils sont confrontés à une situation problématique, convoquer les disciplines pertinentes, que celles-ci soient issues de sciences naturelles ou humaines. Dans les meilleurs des cas, ils ont seulement pratiqué de l'interdisciplinarité que beaucoup limitent au croisement des disciplines scientifiques scolaires (physique, chimie, biologie). Bref, leur formation a, en gros, fait une impasse sur l'analyse du sens d'un travail scientifique. Un fossé s'est ainsi creusé entre la formation et les exigences du terrain. Pas étonnant, dans un tel contexte, que les enseignants des sciences se sentent assez démunis et se réfugient dans leurs savoirs. (p.109)

¹⁴ Samson (2013) précise qu'un étudiant s'inscrivant dans le programme d'enseignement secondaire, profil sciences et technologie, de l'une de ces universités sera contraint de choisir l'une de ces trois orientations. Au Québec, trois universités sur sept sont structurées ainsi.

1.3.2 Enjeux liés à la « culture » de l'école

Le second registre d'enjeux dérive des défis rattachés à la « culture » de l'école (Rennie, Venville, et al., 2012 a). Cette culture se décline en termes de politiques administratives ou organisationnelles (*p.ex.* grille horaire) ainsi que de traditions scolaires (*p.ex.* pratiques éducatives) et s'avère un facteur déterminant du succès ou, inversement, de l'insuccès des programmes intégrés (Pang & Good, 2000; Rennie, Venville, et al., 2012a).

Concernant le premier volet, il s'avère que l'environnement même dans lequel travaillent les enseignants peut être, dans une certaine mesure, un frein à l'intégration, car celui-ci rend laborieuse la collaboration entre les acteurs (Gauthier, 2011). Par exemple, certaines écoles sont traditionnellement organisées de manière disciplinaire, c'est-à-dire en « départements disciplinaires » et, par conséquent, l'interaction entre spécialistes d'autres disciplines est quasi inexistante au quotidien. De surcroît, les horaires scolaires ne favorisent que trop rarement des moments de planification ou de coordination d'activité d'apprentissage en collégialité avec les autres enseignants (El-Deghaidy et al., 2017; McComas, 2009). Pour Gauthier (2011), « plusieurs enseignants volontaires pour l'expérimentation de l'interdisciplinarité [ou de l'intégration] dans leur pratique professionnelle se sont confrontés à des difficultés organisationnelles » (p.31) de la sorte.

Autrement, concernant les traditions scolaires, il a été jusqu'à maintenant et à maintes reprises démontré que l'intégration disciplinaire nécessite une rupture du *statu quo* de la culture scolaire « traditionnelle » (Rennie, Venville, et al., 2012a). Cependant, il apparaît que celle-ci, à plus forte raison celle du secondaire est, à différents égards, réfractaire aux changements (McComas, 2009). Hasni (2010) précise d'ailleurs que faire appel à de nouvelles orientations, liées à l'avènement des nouveaux programmes, ne suffit pas pour que le changement qu'elles véhiculent soit mis en place dans la pratique. À ce propos, les pratiques liées à l'intégration qui sont par nature flexibles, multidisciplinaires et démocratiques se heurtent aux pratiques conventionnelles, quant à elles plus rigides, disciplinaires et hiérarchiques. Ce choc constitue pour Rennie, Venville, et al. (2012a) l'écueil ayant le plus d'impact sur le succès et la pérennité des initiatives d'intégration à travers le monde. Ces derniers aussi précisent qu'il est difficile pour les enseignants sur le double plan du temps et de l'énergie de s'investir dans les activités de type STIM. Les enseignants se butent de façon trop importante à la traditionnelle structure de l'école. D'autre part, il faut conjuguer à cet enjeu de changement que la formation disciplinaire possède un statut hautement institutionnalisé et reconnu, à la fois par les acteurs du milieu scolaire et ceux gravitant autour (Beane, 1997; Honey et al., 2014). Cette

reconnaissance découle surtout du fait que les disciplines scientifiques possèdent une histoire riche à l'intérieur du curriculum du secondaire. Toutefois, cette histoire s'avère, de la perspective de l'intégration, davantage un obstacle qu'un levier. D'abord, étant donné que chaque discipline comprend des savoirs, des pratiques spécialisées et des manières de penser particulières qui, lorsque mis en interaction avec les autres, s'entrechoquent parfois¹⁵ (Venville, 2015). Ensuite, puisque les gens en général (*p.ex.* parents, enseignants, etc.) apprécient le caractère « familial » que l'organisation en disciplines procure au curriculum et ne souhaitent pas nécessairement la voir changer (Honey et al., 2014; Venville, 2015).

Par ailleurs, l'intégration, par son attention portée sur les problématiques personnelles et sociales, promeut l'introduction dans le curriculum d'éléments de culture populaire, et ce, *a contrario* de l'approche disciplinaire qui s'intéresse uniquement aux problèmes découlant naturellement de ces disciplines, comme elles sont construites (Beane, 1997). En effet, s'intéresser aux élèves, aux problèmes qu'ils rencontrent et aux contenus qui les interpellent à l'échelle locale et mondiale implique de faire appel à des savoirs variés, potentiellement non disciplinaires. Certains, pour qui les savoirs disciplinaires ont une valeur plus élevée, pourraient dès lors y voir une perte de qualité des objets d'enseignement (Lepage & Toutloff, 2021). Cette apparente menace peut être alimentée par la perception populaire du statut académique des savoirs intégrés. Sans revenir en profondeur sur ce point, il importe de rappeler encore une fois l'importance de reconnaître que les savoirs disciplinaires demeurent des outils essentiels en intégration et que c'est davantage un enchevêtrement entre savoirs intégrés et disciplinaires qui est recherchée plutôt qu'un quelconque rapport de force (Rennie, Venville, et al., 2012 a). L'ensemble des éléments explicités dans la présente section semble converger avec ce que Beane (1997) désigne comme « les tensions qui s'exercent sur le curriculum ». Pour ce chercheur, il n'y a finalement « aucune alternative à l'approche traditionnelle [...], aussi bonne ne soit-elle, qui occupe une place confortable dans les programmes » (Traduction libre, p.XI).

¹⁵ Afin d'illustrer la chose, nous emprunterons à Kuhn (1962) l'idée de paradigme au cœur des sciences normales. Selon la perspective Kuhnienne, un paradigme constitue en substance un ensemble d'hypothèses, de théories, de lois et de techniques partagés par les membres d'une communauté scientifique (Roy, 1998); c'est l'étude de ces paradigmes qui « prépare l'étudiant à devenir membre d'une communauté scientifique particulière » (Kuhn, 1962, p.30) lui permettant en corolaire d'acquérir une certaine façon de voir le monde (Fourez, 2002b). Cela est également vrai pour la formation (disciplinaire) des enseignants de sciences. Or, il faut comprendre que le « monde » scientifique n'est pas homogène. Le monde du physicien n'est pas le même que celui du biologiste ou du chimiste et ces mondes ne s'entendent pas toujours (Fourez, 2002b). Lorsque l'on abaisse les frontières entre ces sciences, nous provoquons la rencontre de ces paradigmes et il est usuel que cela engendre des tensions. Pour une lecture plus exhaustive de la chose, il est suggéré de consulter les exemples polémiques de l'âge de la Terre et de la tectonique des plaques dans Roy (1998, p.84-85).

Enfin, la tradition disciplinaire ne se limite pas qu'à une organisation de l'enseignement et d'apprentissage de manière disciplinaire. En effet, celle-ci connaît également des répercussions sur les manières d'évaluer les apprentissages, ce que la prochaine section explicite plus exhaustivement.

1.3.3 Enjeux liés à l'évaluation en contexte intégré

Les études qui se sont intéressées à l'apprentissage et à la réussite en contexte d'intégration des ST ont souvent été critiquées pour leur point focal porté aux disciplines indépendamment les unes des autres et insuffisamment aux apprentissages intégrés (Honey et al., 2014). Cette même critique peut être transposée à l'égard de l'évaluation des apprentissages en contexte intégré, ce qui constitue le troisième registre d'enjeux.

D'entrée de jeu, il est manifeste que règne au sein de l'enseignement des ST, *a fortiori* au secondaire, une tendance à l'évaluation presque exclusive des contenus disciplinaires (c.-à-d. des *savoirs*) et une sous-valorisation de ceux intégrés. Le Comité-conseil constate d'ailleurs que

[l'] actuelle segmentation disciplinaire du secondaire, particulièrement bien enracinée au 2e cycle, peut être un frein important à l'évaluation en interdisciplinarité. À cet égard, l'évaluation des compétences transversales devient elle aussi plus ardue, et le Comité-conseil craint que, dans les faits, elle soit quasi absente ou opérée d'autant de façons qu'il y a d'écoles. (Gouvernement du Québec, 2009, p.18)

La tradition disciplinaire joue évidemment un rôle important à l'intérieur de cette situation, car celle-ci entraîne des répercussions sur les manières d'évaluer empruntées par les enseignants. En l'occurrence, il s'avère que l'évaluation, portant généralement sur l'atteinte de cibles plus facilement mesurables, favorise la fragmentation des savoirs (Rennie, Wallace, et al., 2012). Dès lors, afin de favoriser la réussite des élèves aux différentes épreuves scolaires, il arrive que les enseignants préconisent des pratiques d'enseignement davantage cohérentes avec ces pratiques d'évaluation telles que des approches d'enseignement plus transmissives (Venville, 2015). Cette induction de pratiques d'enseignement en fonction des épreuves évaluatives est identifiée au sein de la littérature anglo-saxonne comme le « *teaching to the test* » (Morgan, 2016; Styron & Styron, 2012).

De plus, il faut reconnaître que les apprentissages des élèves à travers des dispositifs intégrés sont plus difficiles à mesurer. D'abord, l'histoire relativement récente de l'intégration et la marginalité de son emploi à travers le monde font que peu d'outils ou de techniques d'évaluation s'y rattachant aient jusqu'à

maintenant vu le jour (Venville, 2015). Beaucoup demeure à bâtir dans le domaine, et ce processus de conception peut s'avérer particulièrement ardu. Une des principales difficultés réside dans l'ouverture des situations intégrées, c'est-à-dire que les élèves n'emprunteront pas tous le même chemin pour arriver à son terme et ne présenteront pas tous des solutions de forme analogue. Les apprentissages par conséquent ne sont pas les mêmes d'un groupe d'élèves à l'autre ou encore d'un élève à l'autre ce qui leur confère un caractère dit « idiosyncratiques » (Potvin, 2011; Venville, 2015). Ainsi, les apprentissages ne peuvent être testés sur la base de savoirs spécifiques, car « différents élèves pourront avoir appris différentes choses » (Venville, 2015, p.525). De ce fait, les praticiens n'ont guère de repères pour appréhender la chose et le risque est grand pour qu'ils choisissent de contourner cette difficulté en se retranchant dans des routines d'évaluation mieux éprouvées (Russell, 2015). En intégration, la tradition scolaire liée à l'évaluation doit accepter le changement du *statu quo* afin de s'ouvrir à des paramètres inédits tels que la motivation, l'attitude, la coopération et la capacité de transférer et d'appliquer les savoirs. Un enjeu majeur de l'intégration est donc de reconnaître que l'évaluation des performances qui en découlent ne peut se limiter à l'atteinte d'objectifs disciplinaires ordinaires et entièrement prédictibles (Rennie, Wallace, et al., 2012).

1.3.4 Enjeux liés à l'enseignement du volet technologique

Le quatrième et dernier registre d'enjeux concerne l'enseignement du volet technologique. En effet, les conditions d'enseignement réservées à la technologie sont également à considérer. Charland et al. (2012) spécifient que l'intégration d'éléments d'éducation technologique demeure faible dans l'enseignement quotidien, et ce, et ce malgré les prescriptions officielles. Lorsqu'elles sont intégrées en classe, l'étude menée par Bousadra et al. (2010) indique que les pratiques des enseignants en éducation technologique sont préoccupantes à l'égard de la portée et de la pertinence des apprentissages réalisés. Selon ces auteurs, les activités technologiques se réduisent souvent à l'acquisition d'un vocabulaire technologique, à l'élaboration de dessins à la pertinence obscure, voire à des « séances de bricolage » (Bousadra et al., 2010, p.152). Certains éléments permettent d'éclairer cette situation.

D'abord, certains facteurs administratifs sont à considérer et ont, dans le contexte, pu jouer en défaveur de la mise en œuvre de cette portion du programme de ST. En fait, la grille-matières du secondaire actuelle a été amputée des quelque cent (100) heures qui étaient auparavant consacrées à la technologie en 3^e secondaire en plus d'avoir diminué de cinquante (50) heures le temps alloué aux sciences en 4^e secondaire. Il s'agit d'une diminution totalisant vingt-sept (27) pour cent du temps d'enseignement pour les quatre

premières années du secondaire (Gouvernement du Québec, 1993, 1998). Cette réduction importante du temps d'enseignement n'est certes pas un élément facilitateur à la mise en œuvre des programmes, *a fortiori* du volet technologique, qui se voient en quelque sorte « surchargés » (Gauthier, 2011).

Par la suite, il importe de rappeler qu'antérieurement à la réforme, la formation en technologie était circonscrite à l'intérieur du cours d'*Initiation à la technologie*, qui était piloté par des enseignants spécialisés en technologie possédant, à titre d'exemple, des compétences particulières en matière de conception ou de fabrication d'objets techniques. Ainsi, l'intégration de la technologie au sein des cours de sciences a contribué à ce qu'une bonne partie de ces enseignants spécialisés soit réaffectée à d'autres matières que les ST ou encore sorte du milieu scolaire (plusieurs étant partis à la retraite), perdant du coup une ressource importante pour l'opérationnalisation de cette formation. En fait, cette éventualité avait été anticipée par la CPE (1998) qui considérait comme problématique la réaffectation des enseignants de technologie :

Ceux [les enseignants de technologie] qui voudraient enseigner le nouveau programme de sciences et technologie, une mise à niveau s'imposera en matière de formation scientifique pour la presque totalité d'entre eux. Il semble qu'une faible partie de ce personnel pourra se contenter du perfectionnement intensif relatif aux programmes d'études pour devenir apte à enseigner un programme à forte composante scientifique. Pour plusieurs autres, un recyclage plus lourd s'imposera. Plus encore, les données dont dispose le Ministère permettent d'estimer à une centaine le nombre d'enseignants de technologie pour lesquels le recyclage ou l'affectation dans un autre champ seraient particulièrement problématiques. Pour ces personnes, d'autres voies devront être explorées pour leur assurer une fin de carrière vécue dans la dignité. (p.32)

De fait, l'enseignement de la technologie est principalement pris en charge par des enseignants qui ont, historiquement ou récemment, reçu une formation qui n'interpellerait peu ou pas la technologie (Barma, 2008; Bousadra et al., 2010; CSÉ, 2013; Samson, 2013, 2014). En conséquence, les enseignants étant moins bien formés sur ce volet de leur enseignement, notamment en ce qui a trait au volet « technique » (*c.-à-d.* fabrication, langage des lignes) sont potentiellement moins sensibles aux enjeux de l'éducation technologique et le risque est important que celle-ci soit alors marginalisée (Van Haneghan et al., 2015).

Comme le spécifient Jones (2012) et Jones et Bunting (2015), la technologie peut être utilisée de façons différentes en contexte d'intégration, mais en le faisant, il importe que la nature des concepts de science et de technologie soit très claire. Or, la distinction entre « science » et « technologie » est difficile à faire pour les praticiens (Gouvernement du Québec, 2004). Guillemette et al. (2011) ajoutent à ce tableau que

le PFEQ apporte quelques précisions quant à la distinction établie entre les deux, mais gagnerait à être plus explicite à ce propos. De même, ces mêmes chercheurs rapportent que le manque d'expérience et de pratique des enseignants en technologie constituent une difficulté significative dans la construction d'une définition opérationnelle de cette discipline. Le terme « technologie » est particulièrement polysémique, s'avérant fréquemment réduit à son lien aux artefacts ou aux ordinateurs (de Vries, 2009). Par conséquent, l'enseignement et l'apprentissage des ST ne tiennent que très rarement compte de la distinction entre les deux. Pour plusieurs, la technologie est considérée comme une sous-discipline des sciences, établissant du coup un rapport linéaire et vertical entre ces entités (de Vries, 2009). À titre d'exemple, beaucoup d'enseignants de ST adhèrent au paradigme selon lequel « la technologie est de la science appliquée » (de Vries, 1996; Fourez, 2002c; Gardner, 1997; Jones, 2012; Jones & Carr, 1992; Martinand, 2003). Cette vision du lien attribue à la technologie une place subsidiaire, voire de subordination aux sciences et qui n'est pas nécessairement fidèle à la réalité des choses. Dès lors, l'intégration de la technologie aux sciences en salle de classe se résume souvent à fournir un contexte (appliqué) d'apprentissage permettant de concrétiser les concepts scientifiques ou de motiver les élèves (de Vries, 2009; Jones, 2012). De telles dérives amènent une dévaluation des savoirs technologiques et une surévaluation des savoirs scientifiques et, corolairement, engendrent un effet délétère susceptible de diminuer la portée des apprentissages réalisés à la fois en technologie, mais aussi, par interdépendance, en sciences (Jones, 2012). Bunting et Jones (2015) insistent particulièrement sur l'importance de comprendre les « règles » qui régissent ces sphères de savoirs distinctes afin d'être critiques envers elles. Cela fait écho à l'analyse de Jones (2012) à l'égard de l'arrimage entre l'enseignement des sciences et l'enseignement de la technologie, remettant en question l'essentielle alphabétisation technologique inhérente à l'opérationnalisation du programme. Ces manques peuvent en effet interférer avec les visées du programme qui doit privilégier aussi le développement d'une culture et l'explicitation de concepts technologiques.

1.4 Le besoin de recherches portant sur l'intégration des ST.

Comme l'évoquent Honey et al. (2014), la recherche portant sur l'enseignement intégré des ST est relativement récente, voire encore au stade embryonnaire. Un constat semble néanmoins se dégager de la constellation d'études consultées. En fait, l'intégration en ST constitue un défi réel pour les enseignants. Ceux-ci doivent désormais composer avec un curriculum qui fait appel à une vision renouvelée des ST pour laquelle leur formation ne les a pas préparés adéquatement (CSÉ, 2013; Gauthier, 2011) et qui propose une rupture avec d'anciennes pratiques d'enseignement (Barma, 2007, 2008). D'aucuns diront que l'intégration en ST est loin d'avoir atteint son plein potentiel et la table semble mise pour que la

communauté scientifique s'intéresse aux moyens de la concrétiser (de Vries, 2009; Honey et al., 2014; Jones, 2012; Yager, 2015). En d'autres termes, il devient nécessaire de s'appropriier les conditions d'une mise en œuvre de l'intégration en classe de ST au secondaire.

À cet effet, s'intéresser aux activités proposant justement une mise en œuvre effective¹⁶ et réussie de l'intégration des ST ainsi qu'aux pratiques d'enseignement qui les sous-tendent semble une piste de recherche prometteuse à explorer (Couture et al., 2015; Lenoir, 2004; Tobin & Fraser, 1988). Pour de Vries (2007), une étude de ce genre constitue une alternative aux voies traditionnelles de la recherche qui ont du mal à rejoindre les acteurs de terrain et leurs préoccupations. Comme trop peu souvent en recherche, l'accent peut être mis sur ce qui se fait déjà de bien en éducation, sur des réalisations qui inspirent l'innovation en enseignement (Tobin & Fraser, 1990).

Bien qu'il soit possible de relever des travaux de recherche voulant contribuer à l'amélioration des pratiques relatives à l'enseignement intégré des ST au sein de la littérature (voir par exemple les travaux de Rennie, Venville, et al., 2012b), il n'en demeure pas moins que ceux-ci sont relativement peu nombreux et aussi difficilement transférables au contexte de l'enseignement secondaire québécois (de Vries, 2007). De surcroît, certaines recherches relevées se sont limitées à l'évaluation des *curricula* et ont négligé la description des moyens et des pratiques qui les soutiennent (Honey et al., 2014). Pour Honey et al. (2014), ces manques sur le plan scientifique rendent difficile l'identification des « ingrédients essentiels à une éducation intégrée aux STIM efficace » (p.137). Il n'est donc pas étonnant que les futures recherches s'y rattachant soient invitées à s'intéresser à des mises en œuvre effectives de l'intégration des ST en salle de classe (Margot & Kettler, 2019). Ces recherches devraient permettre, entre autres, de mieux comprendre le cadre ou les conditions didactico-pédagogiques qui prévaut dans différents milieux scolaires et pourraient également nous aider à comprendre comment mieux soutenir les enseignants alors qu'ils tentent de faire de l'intégration dans leurs classes (Asghar et al., 2012; Dare et al., 2014; Margot & Kettler, 2019). Pour ce faire, ces nouvelles études devraient, selon Honey et al. (2014), documenter plus en détails les interventions ou les activités d'intégration en accordant une attention particulière à la nature de l'intégration et à la manière dont celle-ci a été soutenue. Or, jusqu'à maintenant et malgré ces appels, des tentatives d'identification de pratiques d'enseignement efficaces ont déjà été réalisées à l'international pour l'enseignement des sciences ou pour l'enseignement de la technologie (Alsop, Bencze, et al., 2005;

¹⁶ Le terme « effectif/effective » est employé uniquement dans un sens qui signifie : « qui se traduit par des actes réels ou véritables » (De Villiers, 2009).

de Vries et al., 2007; McComas, 1991; Osborne & Dillon, 2010; Tobin & Fraser, 1988, 1990; Tobin & Garnett, 1988; Wilson & Mant, 2011a, 2011b), mais aucune, à notre connaissance, ne s'est attardée spécifiquement à la problématique que pose l'enseignement intégré des ST, de surcroît dans le contexte particulier de la mise en œuvre des programmes de ST québécois. Pallier ces manques sur le plan scientifique apparaît désormais fondamental et urgent afin que les nouvelles orientations liées à l'intégration puissent éventuellement être déployées à plus large échelle.

1.5 La formulation du problème

L'intégration des ST est une avenue nécessaire et prometteuse, mais demeure très loin d'avoir atteint son plein potentiel (de Vries, 2009; Jones, 2012). En effet, la recension des écrits effectuée révèle, de manière bien documentée, que l'intégration des ST pourrait apporter des bénéfices considérables. Parallèlement, il apparaît évident que plusieurs obstacles, assez bien documentés également, entravent la mise en œuvre de l'intégration des ST. Ces obstacles traduisent à notre avis la réalité complexe avec laquelle doivent composer les praticiens alors qu'ils cherchent à concrétiser cette intégration dans la réalité scolaire actuelle. En revanche, ce qui apparaît moins clair et aussi moins bien défini par la recherche, sont les conditions qui justement peuvent faciliter la mise en œuvre et le déploiement d'activités d'intégration de ST en salle de classe. De même, les pratiques d'enseignement qui accompagnent ces activités d'intégration des ST réussies n'ont guère été mises en lumière par les études antérieures et, encore moins, celles réellement employées en salle de classe (c.-à-d. aux pratiques effectives).

Ce projet de recherche vise ainsi à identifier les conditions de mise en œuvre et les pratiques d'enseignement soutenant une intégration des ST en classe de ST du secondaire. À cet effet, l'étude d'activités d'intégration des ST réussie et issues du milieu scolaire constitue une piste de recherche féconde et pertinente à explorer (Couture et al., 2015; de Vries, 2007; OCDE, 2015; Sommet international sur la profession enseignante [SIPE], 2015; Tobin & Fraser, 1990). Enfin, cette recherche présente un intérêt scientifique indéniable considérant de surcroît qu'aucune recherche ne s'est penchée à ce jour sur ce même objet de la mise en œuvre et des pratiques d'enseignement qui sous-tendent l'intégration des ST en salle de classe du secondaire.

Ces conditions mènent ainsi à la formulation de la question de recherche suivante :

Quelles activités d'apprentissage et quelles pratiques d'enseignement définissent une mise en œuvre de l'intégration des sciences et de la technologie en classe de ST du secondaire ?

Deux formes de retombées sont attendues à l'issue de la résolution de cette dernière question. La première forme concerne l'impact de la recherche sur l'avancement des connaissances scientifiques, notamment en lien avec notre connaissance des différentes conditions didactico-pédagogiques qui sont en mesure de soutenir l'intégration des ST en classe de ST du secondaire. La seconde forme concerne autrement l'impact de la recherche sur la pratique, soit au sein des formations initiale ou continue et du milieu scolaire. Il est souhaité que les études de cas réalisées puissent mener à l'ajustement des pratiques dans le domaine, notamment en suscitant de l'intérêt chez les praticiens. À l'instar de Berliner (2001a), il est estimé que les différents cas étudiés peuvent servir de matériau d'apprentissage pour les enseignants en formation qui pourraient les utiliser pour alimenter leurs réflexions sur les pratiques d'enseignement. En s'attachant à mieux comprendre la mise en œuvre de l'intégration des ST au sein d'activités issues du milieu scolaire, la présente recherche devrait offrir ou proposer certaines pistes d'action pertinentes et crédibles pour les praticiens. Il est enfin possible que ces travaux de recherche permettent d'améliorer la formation scientifique et technologique offertes aux élèves du secondaire qui est, aujourd'hui et plus que jamais, un pan essentiel de la culture d'une personne contemporaine.

CHAPITRE 2

CADRE CONCEPTUEL

Ce chapitre approfondit la matrice qui rattache entre eux les concepts mis de l'avant dans la présente recherche. Le premier concept traité est celui d'intégration dans le contexte de l'enseignement des ST. Cet exercice permettra de dégager et de justifier les critères qui guideront la sélection des pratiques à l'étude, et conséquemment des participants à la recherche. Ces critères baliseront également l'éventuelle analyse des données. L'exploration plus formelle du second concept du présent cadre conceptuel s'ensuit, soit celui de pratique d'enseignement.

2.1 L'intégration en enseignement des sciences/technologie

S'interroger sur les conditions qui permettent aux enseignants de ST de mettre en œuvre des activités d'intégration de ST impose d'entretenir une idée précise de ce concept. Par conséquent, il importe de broser un portrait exhaustif de ce que l'on sait de l'intégration, et plus spécifiquement de sa prise en charge dans le domaine de l'éducation aux sciences et à la technologie. Ce portrait débute la définition des concepts de technologie et de science ainsi que des interactions possibles entre les deux. Par la suite, le concept d'intégration est défini, servant de tremplin à la description des différents mouvements d'enseignement des ST, qui sont mobilisateurs de ce principe. Subséquemment, un cadre descriptif pour l'intégration en ST est proposé et mis en relief en fonction des programmes québécois relatifs aux ST. Une synthèse est proposée ensuite sur les pratiques d'enseignement efficaces en ST et sur les critères (théoriques et curriculaires) permettant l'identification de celles-ci eu égard à l'intégration.

2.1.1 La définition des concepts de « technologie » et de « sciences »

Les sciences et à la technologie sont couramment présentées comme une entité monolithique, quasi indissociables l'une de l'autre (Jones & Bunting, 2015). Cette impression découle de l'étroitesse des liens entre les sciences et la technologie perçue par les gens en général. En effet, la plupart des auteurs qui se sont prononcés sur cet enjeu reconnaissent une interdépendance entre les deux (Guay, 2004; Jones, 2012). Il est également vrai de dire que les concepts de sciences et de technologie présentent certaines similarités théoriques, axiologiques et pratiques (Charland, 2008). Toutefois, il faut aussi dire que ceux-ci sont définis comme des sphères d'activité qui bâtissent sur des pratiques et des savoirs distincts (Guay, 2004). Ce faisant, le clivage entre ces visions peut amener des perspectives et des mises en œuvre fort différentes,

notamment lorsque l'on cherche à les intégrer. Pour certains auteurs (Buntting & Jones, 2015; Jones, 2012; Jones & Buntting, 2015; Jones et al., 2013), une compréhension de ce que « sciences » et « technologie » signifient, mais surtout des relations partagées entre elles, est une condition *sine qua non* pour qu'une formation intégrée à ces objets soit adéquatement opérationnalisée. Abordons, pour débiter, le concept de technologie et, ensuite, celui de sciences

Rétrospectivement, il apparaît que la technologie tire ses origines dans un passé lointain, remontant aux balbutiements de l'humanité (Williams, 2012). Néanmoins, aussi ancienne que puissent être ses origines, le champ d'étude de ses éléments constitutifs ne remonte qu'au vingtième siècle. De nos jours, le mot « technologie » est utilisé abondamment par la plupart des individus et le sens que l'on lui attribue varie considérablement (de Vries, 2009). Amorçons l'explicitation du concept de technologie par une nuance de ce dernier terme avec un de ses proches voisins. Étymologiquement, le mot « technologie » est apparenté au mot « technique », mais n'est pas du même ordre. En fait, le terme « technique » dérive du grec *techné* qui signifie « l'art de faire » ou bien « métier » qui renvoie à toute activité de fabrication artisanale (Bouras, 2006; Dakers, 2005). Sa signification actuelle correspondrait davantage à un savoir-faire fondé sur un ensemble de procédés et de règles, éprouvées par la pratique, qui permet de réaliser un but (Vryzas & Tsitouridou, 2011). Thouin (2017, p. 54) mentionne, entre autres, les techniques « de la sculpture, de la cordonnerie ou de la coupe de bois » afin d'illustrer la chose. Historiquement, le terme technique s'est graduellement effacé au profit de celui de « technologie » (Cresswell, 2010). Il est le résultat de la réunion de deux mots grecs, soit *logos* et *techné*, que l'on pourrait interpréter littéralement comme étant un discours sur la technique (Vryzas et Tsitouridou, 2011). Ce mot a émergé de la littérature anglo-saxonne (*technology*), désignant l'étude des techniques modernes (Guillemette et al., 2011). Ainsi, on pourrait décrire la technologie comme une véritable science des techniques qui prendrait la forme, comme le précise Legendre (2005), d'un « domaine de savoirs et d'activités permettant de concevoir et de réaliser des objets et des systèmes [...] et qui vise à intervenir concrètement dans la réalité » (p.1211 et 1365). Cependant, pour Thouin (2017) de même que Honey et al. (2014), le terme technologie revêt plus d'un sens; pour certains (Brown et Brown, 2010; Honey et al., 2014; Mitcham, 1994), la technologie n'est pas qu'une science, mais également une collection d'artéfacts technologiques tandis que, pour d'autres (Buntting et Jones, 2015; Vryzas et Tsitouridou, 2011), elle est aussi un objet éminemment social. Dès lors, il apparaît important de saisir cette complexité en proposant une définition suffisamment englobante. À cet effet, Guillemette et al. (2011), se référant à ceux de Cajas (2001), soumettent une définition succincte

de la technologie qui sera considérée dans la présente recherche. Celle-ci correspond aux « artefacts faisant appel à des savoirs et à des démarches spécifiques, mais également à des pratiques sociales et à un langage propre à ce domaine [...] les idées fondatrices de la technologie comprennent la conception, le contrôle et les systèmes [...] la technologie est profondément reliée à la réalisation (construction, production) et la compréhension du fonctionnement d'artefacts » (p.103).

Cette définition fait le pont avec le regroupement théorique issu de la philosophie de Mitcham (1979, 1994) qui décline la technologie en quatre dimensions, soit les produits (artefacts), les savoirs, les démarches et l'aspect humain. Selon Brown et Brown (2010), ces dimensions doivent teinter les initiatives d'éducation qui supportent l'exploration de la technologie et font de surcroît la promotion du développement d'une culture technologique.

Les produits correspondent généralement à la portion émergente et visible de la technologie. En fait, cette dernière possède plusieurs branches distinctes subdivisant l'univers technologique en regroupement d'intérêt (p. ex. technologies agroalimentaires, technologies biomédicales, technologies de l'énergie, technologies de la construction, etc.). Cette dimension rejoint les écrits de Thouin (2017) et de Wautelet (2005) qui emploient davantage la forme plurielle du terme (technologies). De Vries (2012) identifie trois (3) types de technologies : les technologies basées sur l'expérimentation (*experience-based technologies*), les macrotechnologies et les microtechnologies. Le premier type de technologies correspond aux artefacts qui sont développés par expérimentation. Ce sont des objets fonctionnels empiriquement pour lesquels on ne disposait pas de théories scientifiques pour expliquer leur fonctionnement à l'origine. Certains outils et appareils domestiques simples, à l'instar du tire-bouchon et du fouet, sont de bons exemples de technologies basées sur l'expérimentation. Les macrotechnologies interpellent généralement les théories fondamentales macroscopiques comme la thermodynamique, l'électromagnétisme et la mécanique. Ici, les savoirs technologiques interagissent avec les savoirs scientifiques. De Vries (2012) cite l'exemple du moteur à vapeur qui fait appel à la thermodynamique pour expliquer son fonctionnement. À l'origine, le développement de cet artefact a été réalisé sans connaissance adéquate et complète des cycles thermodynamiques (p. ex. cycle de Carnot). Ce n'est que plus tard que l'étude du fonctionnement de l'objet a amorcé un développement mutuel des savoirs scientifiques et technologiques inhérents au moteur à vapeur. Les microtechnologies dépendent et découlent, quant à elles, du développement du

savoir scientifique pour leurs développements. Les microstructures comme les transistors et les écrans aux DEL s'inscrivent très aisément dans cette catégorie¹⁷.

La technologie est également définie comme un domaine de savoirs. En effet, il existerait plusieurs types de savoir conceptuel en technologie. Ces savoirs possèderaient une caractéristique intrinsèque de « normativité », ce qui les distingue de ceux issus des sciences fondamentales (Ankiewicz et al., 2006; de Vries, 2005; Jones et al., 2013). Par exemple, il serait incongru pour un chercheur en sciences de porter un jugement sur le bienfondé d'une connaissance scientifique (p. ex. on ne peut pas dire qu'un électron est bon ou mauvais en soi) contrairement au technologue ou à l'ingénieur qui formule des objectifs concrets, des critères de design ou de spécifications, permettant de porter un jugement sur le caractère fonctionnel d'un artefact (p. ex. cette voiture fonctionne bien ou elle ne fonctionne pas bien).

La technologie est également reconnue comme un domaine d'activités comportant différentes pratiques telles que les processus d'ingénierie, de design, de construction et de production d'artefacts de même que la résolution de problèmes (Brown et Brown, 2010; Cajas, 2001; Jones et al., 2013).

Enfin, la dernière catégorie interpelle l'essentielle caractéristique humaine inhérente à la technologie. Comme introduit précédemment, la technologie s'inscrit dans un contexte social, humain, influencée et influençant l'humanité, la culture humaine et la société (Gardner, 1997; Jones, 2012). Cette idée rejoint les propos de Vryzas et Tsitouridou (2011) qui rapportent que « la technologie n'est pas indépendante de la société dans laquelle elle est née. Elle n'est pas seulement des aspects techniques, mais elle a aussi des aspects culturels, sociaux et politiques. » (p.15).

Quant au concept de sciences, il est intéressant de se pencher d'entrée de jeu sur les liens sémantiques entre le terme « science » au singulier et celui de « sciences » au pluriel. Pour Soler (2009),

parler de la science au singulier, c'est se référer à l'idée générale de scientificité [...] Mentionner les sciences au pluriel, c'est sous-entendre l'existence d'une multitude de disciplines qui d'un côté diffèrent (d'où le pluriel), de l'autre sont semblables en ce qu'elles sont des instanciations particulières de l'idée de science. (p.18)

¹⁷ Voir à cet égard les écrits de de Vries (2012).

Ainsi, le terme « sciences » au pluriel semble davantage propice au cadre de cette thèse étant donné que celui-ci renvoie à l'idée que diverses disciplines composent la toile scientifique, ce qui est fondamental d'une perspective d'intégration des matières, tout en n'excluant pas que certaines généralités scientifiques puissent être partagées entre celles-ci. Sur le plan définitionnel, Legendre (2005) stipule que « la science est un domaine de savoirs et d'activités dont le but est d'accroître sans cesse la compréhension du réel » (p.1211). Honey et al. (2014) offrent une définition qui s'aligne avec celle précédente, proposant une vision de celle-ci davantage « disciplinaire »

La science est l'étude du monde naturel, y compris les lois de la nature associées à la physique, à la chimie et à la biologie, ainsi que le traitement ou l'application de faits, de principes, de concepts ou de conventions associés à ces disciplines. La science est à la fois un ensemble de connaissances accumulées au fil du temps et un processus — une investigation scientifique — qui génère de nouvelles connaissances. (Traduction libre, p. 14)

Cette dernière définition postule qu'au moins deux dimensions composent les sciences, soit une dimension liée aux connaissances scientifiques et une autre liée à l'activité scientifique. Pour Thouin (2017), les sciences désignent « des ensembles organisés de connaissances relatives à certaines catégories de phénomènes » (p. 37). La dimension des connaissances fait donc référence aux observations, faits, concepts, lois, théories, modèles, etc. associés à ces disciplines (Fourez, 2002c). En termes d'activités, il est aussi possible d'envisager les sciences comme une entreprise partageant certaines pratiques spécifiques. À titre d'exemple, le National Research Council [NRC] (2012b) identifie huit pratiques distinctes relatives aux sciences, soit poser des questions, développer et utiliser des modèles, planifier et mettre en œuvre des investigations, analyser et interpréter des données, utiliser des raisonnements mathématiques, construire des explications, argumenter à partir de preuves scientifiques, de même qu'obtenir, évaluer et communiquer de l'information. La pratique des sciences est par conséquent une activité fort complexe. Toutefois, la définition de Honey et al. (2014) semble échapper une caractéristique fort importante. En effet, à l'instar de la technologie, d'aucuns reconnaîtront le caractère éminemment social et humain des sciences, notamment de l'activité scientifique¹⁸. Il est estimé que la considération des sciences sur le triple plan des connaissances, des pratiques et de sa dimension sociale est essentielle à une éducation scientifique qui se veut un reflet plus fidèle de ce que sont les sciences dans la réalité, *a fortiori* si le développement d'une alphabétisation scientifique est souhaité.

¹⁸ Voir Fourez (2002) pour une lecture plus complète de cette proposition.

En somme, la présente section a permis de dégager un portrait plus détaillé de ce que respectivement désigne technologie et sciences. Cette vision élargie de ces concepts nous apparaissait importante pour l'échafaudage de ce projet de recherche s'intéressant à la mobilisation de l'intégration des sciences et de la technologie. La prochaine section s'attarde plus formellement à l'explicitation du concept d'intégration et de ses ramifications aux courants éducatifs d'enseignement des sciences et de la technologie.

2.1.2 Vers une définition opérationnelle du concept d'intégration

Jusqu'à lors, le terme « intégration » des ST¹⁹ a été utilisé sans véritablement en questionner les tenants et aboutissants, sans en définir précisément les contours. De l'avis de plusieurs chercheurs, il s'agit d'une tâche pour le moins laborieuse qui défie, encore aujourd'hui, la plupart des tentatives formelles de définition (Hurley, 2001; Venville et al., 2012). En fait, l'enjeu est de réussir à dégager des éléments convergents à travers les formes variées d'intégration, les nombreuses définitions et termes analogues à l'intégration, et ce, sans pour autant perdre la richesse de l'hétérogénéité qui la caractérise (Hurley, 2001). Malgré tout, cette tâche demeure fondamentale, car encore trop d'acteurs du milieu scolaire conservent une idée imprécise, voire limitée de cet objet. Une définition est par conséquent dégagée, et ce, afin de répondre aux impératifs liés à la réalisation de ce projet de recherche.

Étymologiquement, le mot « intégrer » dérive des mots latins *integratus* et *integrare*, signifiant de combiner, de rendre entier/complet ou de rassembler (Legendre, 2005; Rennie, Wallace, et al., 2012). Lorsqu'observée des points de vue pédagogique et didactique, il s'agit respectivement d'une « organisation ou d'une mise en relation des disciplines scolaires dans le but de supprimer leur cloisonnement traditionnel » et « l'action d'associer différents objets d'études, d'un même domaine ou de divers domaines, dans une même planification d'enseignement-apprentissage » (Legendre, 2005, p.784). Elle se distingue de l'approche pédagogique du « décloisonnement des matières », notamment par le fait que l'intégration favorise une nécessaire « interaction des matières » ou des disciplines (*Ibid.*, p.349). L'intégration au sens stricte réfère donc à l'idée d'une mise en commun, en l'occurrence des matières ou des objets d'études, et à l'interaction de ces éléments afin de former une entité ou un tout. Ce tout peut, à titre d'exemple, être aussi bien un curriculum, un programme ou une situation d'apprentissage. Ainsi

¹⁹ L'expression « intégration des ST » a été et sera utilisée au cours de cette thèse, en comprenant que cette dernière désigne toujours l'intégration des sciences et de la technologie en enseignement.

comprise, l'intégration existe de manière non exclusive au champ de l'enseignement des ST, car il s'agit avant tout d'un principe pouvant teinter différentes dimensions éducatives ou objets d'enseignement. À notre avis, cet éventuel confinement aux ST serait même contraire aux fondements de l'intégration qui revendiquent une réflexion hors des cadres traditionnels disciplinaires²⁰.

Dans la même veine, un nombre considérable d'écrits du domaine réfère à un principe fort récurrent dans la littérature scientifique, soit celui de curriculum intégré (*integrated curriculum*) ou d'intégration curriculaire (*curriculum integration*)²¹. D'entrée de jeu, force est de constater que ce dernier concept fait référence, de manière implicite, à celui de curriculum. En substance, Scott (2008) indique que le curriculum correspond à un système à plusieurs niveaux, notamment national et institutionnel, comportant quatre dimensions incluant les buts et les objectifs, les sujets et contenus, les méthodes et procédures et, finalement, l'évaluation. À la lumière des caractéristiques présentées au chapitre de problématique, il est vraisemblable que le maillage du principe de l'intégration fasse écho à ces dimensions du curriculum. Érigeant sur la description fournie par Scott (2008), deux descriptions de curriculum intégré ayant particulièrement teinté notre réflexion sont ici présentées. La première retenue est celle proposée par James Beane, qui a considérablement influencé la définition de cet objet. Pour lui, cela correspond à « design curriculaire qui vise à améliorer les possibilités d'intégration personnelle et sociale, grâce à une organisation du curriculum axée sur des problèmes et des enjeux significatifs, identifiés en collaboration par les éducateurs et les élèves, et ce, sans tenir compte des frontières disciplinaires » (Beane, 1997, p. XI, Traduction libre). Un des aspects distinctifs de la proposition de Beane est son organisation curriculaire en problèmes ou enjeux significatifs, également désignée par l'auteur comme des « centres organisationnels ».

²⁰ En effet, l'intégration est un principe qui, dans son essence, s'intéresse aux contextes, problèmes ou enjeux posés par la vie même afin d'articuler ensuite des apprentissages pertinents autour. Ce faisant, il serait incongru de penser que l'intégration se limite uniquement aux ST, car les savoirs qu'elles véhiculent ne sont qu'une lunette parmi d'autres pouvant être utilisée pour explorer ces contextes, problèmes ou enjeux.

²¹ Ces termes sont employés dans la littérature de manière quasi synonymique, car un « curriculum intégré » est en fait l'application concrète de l'« intégration curriculaire » (Beane, 1997).

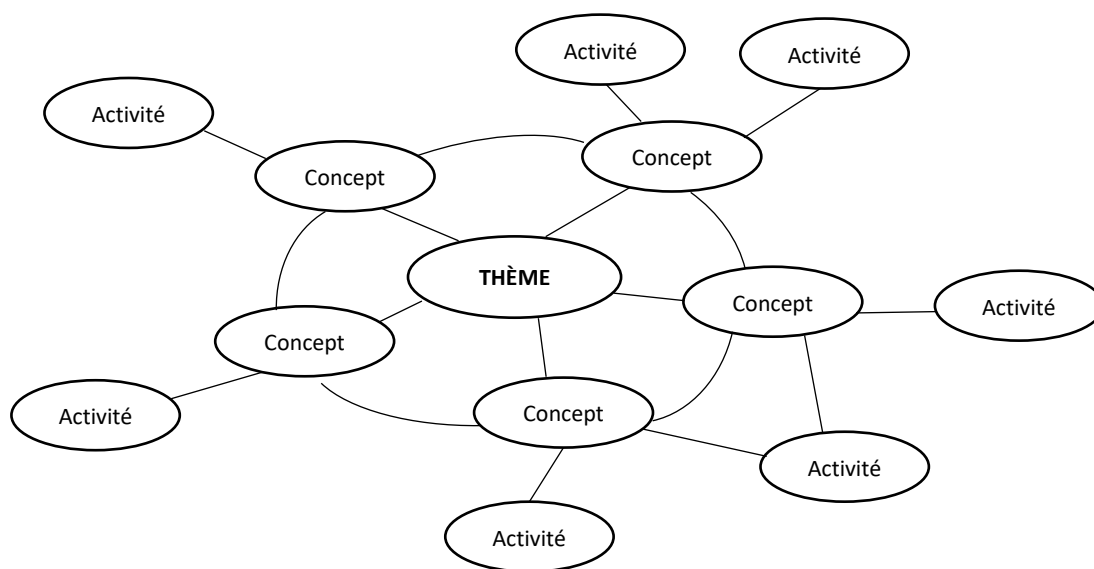


Figure 2.1 — Réseau schématique d'un curriculum intégré (Beane, 1997)

Ils sont tirés de la vie et des expériences du quotidien; le choix de ces thèmes est partagé collaborativement entre l'enseignant et les élèves. Opérationnellement, ceux-ci sont en fait des points de départ du développement curriculaire. Ce faisant, un curriculum intégré suppose, d'abord, l'exploration d'une problématique ou d'un thème autour duquel les savoirs ou les concepts pertinents sont ensuite invoqués sans égard aux limites disciplinaires, donnant lieu à diverses activités pédagogiques (voir Figure 2.1 — Réseau schématique d'un curriculum intégré (Beane, 1997)). La légitimité des concepts et des activités au sein du curriculum est, par conséquent, « déterminée » par leur nécessaire contribution à l'exploration des thèmes ou des problèmes centraux. Ainsi défini, le concept de curriculum intégré accompagne intimement celui de transdisciplinarité.

Bien qu'intéressante, la description de Beane est insuffisante à elle seule pour tenir compte de l'ensemble plus vaste d'initiatives d'intégration. En effet, la vision de ce chercheur soutient une vision de l'intégration très polarisée, c'est-à-dire qu'elle bâtit sur la prémisse que plus d'intégration est nécessairement meilleure, ce qui aurait pour effet de rejeter les initiatives qui seraient jugées plus humbles ou mieux inscrites dans des problématiques purement disciplinaires. À titre d'exemple, les pratiques multidisciplinaires ne pourraient être associées à un curriculum intégré, car dans ce cas de figure, les disciplines et les savoirs choisis comme importants sont reconnus et articulés autour d'un thème choisi généralement par l'enseignant. Le thème devient dès lors subsidiaire ou un plutôt un prétexte à la maîtrise et l'évaluation de ces concepts, ce qui constituerait une dérive de l'intégration selon la perspective Beane. En plus d'aller

à l'encontre d'une perspective plus inclusive de l'intégration, il est estimé que celle-ci peut être contraire aux conclusions des plus récentes recherches sur le sujet (Honey et al., 2014; Rennie, Venville, et al., 2012 a). À titre d'exemple, parmi les constats de la revue de littérature réalisée par Honey et al. (2014), il s'avère que l'exercice cognitif de lier les idées entre les disciplines constitue un défi de taille pour les élèves n'ayant pas ou peu *a priori* de compréhension des idées pertinentes « à l'intérieur » des différentes disciplines. Par conséquent, il est difficile de justifier l'emploi exclusif d'approches qui n'interpellerait jamais l'exploration des disciplines. Pour ces raisons, la description proposée par Venville et al. (2008) de curriculum intégré a aussi été retenue, s'avérant complémentaire à la proposition de Beane (1998) de même que plus nuancée et inclusive. Ces chercheurs définissent cet objet comme un curriculum « permettant aux élèves de regarder à travers plusieurs dimensions reflétant les réalités de leurs expériences en dehors et à l'intérieur de l'école » (Venville et al., 2008, p.860, Traduction libre). Cette définition met en exergue deux éléments phares de l'intégration. D'abord, il devrait y avoir en intégration une centration des activités et des objets d'intérêt sur les élèves. En effet, pour Rennie, Wallace, et al. (2012), il existe un lien clair entre le degré d'intégration et la centralité des apprenants à l'intérieur du processus d'enseignement/apprentissage ou d'un curriculum. Par la suite, le second élément relevé est que l'intégration permet aux élèves de porter un regard plus complet sur le monde réel, et ce, tout en tirant parti des forces des disciplines.

Parallèlement, différents concepts tels que la multi- ou pluridisciplinarité, l'interdisciplinarité et la transdisciplinarité sont communément associés à l'intégration. À l'instar de propos antérieurement tenus, différents observateurs constatent des utilisations variées de ces termes qui se voient occasionnellement utilisés de manière interchangeable avec celui d'intégration, ce qui peut s'avérer inexact (Rennie, Wallace, et al., 2012). Globalement, ceux-ci font référence à la manière par laquelle les connaissances et compétences disciplinaires sont intégrées (Fourez et al., 2002; Rennie, Wallace, et al., 2012). La Figure 4- *Schématisation du spectre de l'intégration et des principales approches* propose une représentation schématique de ces différentes approches qui sont positionnées sur

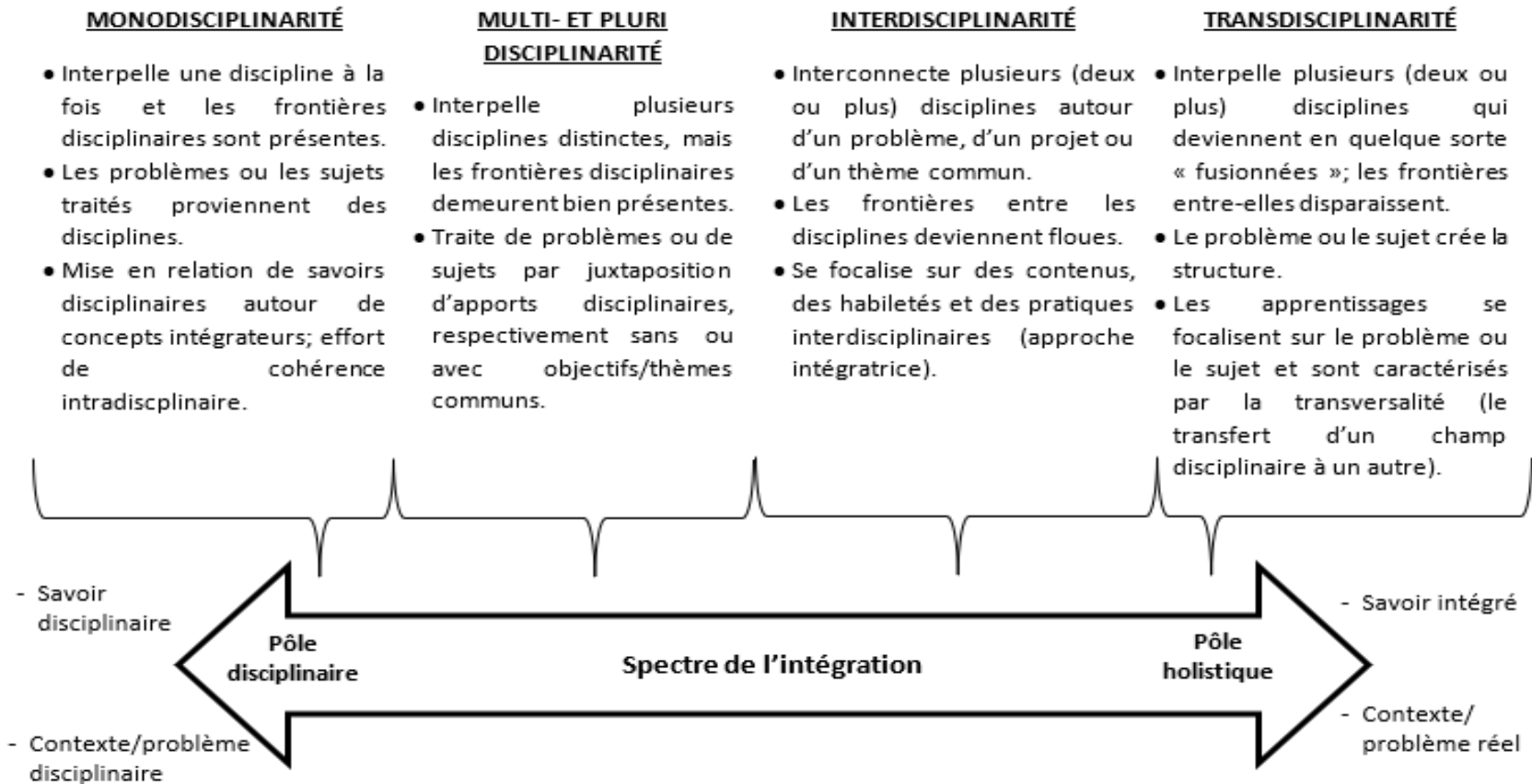


Figure 2.2 — Schématisation du spectre de l'intégration et des principales approches (Fourez et al., 2002; Rennie, Wallace, et al., 2012; Vasquez et al., 2013)

un continuum²² du spectre de l'intégration. Elles sont en fait placées en fonction de leur degré d'affinité relative aux principes de l'intégration. D'abord, pour saisir les nuances entre ces concepts, il faut *a priori* comprendre ce qui ne réfère pas à de l'intégration. En l'occurrence, la monodisciplinarité correspond ici à un curriculum qui fait appel à une seule discipline à la fois et qui, par conséquent, n'est pas intégré avec d'autres champs disciplinaires. Il est possible néanmoins que des contenus d'une même discipline puissent être intégrés, notamment autour de concepts intégrateurs (Hasni, 2006). Il s'agirait donc d'une mise en relation de savoirs disciplinaires dans un effort de démontrer la cohérence interne en les savoirs d'une même discipline (Hasni, 2006). Cheminant à partir de ce premier niveau vers le pôle holistique (intégré), la pluridisciplinarité correspond à un curriculum ou une pratique qui interpelle plusieurs disciplines séparées, chacune d'elles contribuant à la compréhension du sujet à l'étude par juxtaposition d'apports disciplinaires (Beane, 1997; Rennie, Wallace, et al., 2012; Vasquez et al., 2013). Celle-ci est très similaire à la multidisciplinarité, mais s'en distingue par le fait que la pluridisciplinarité effectue cette tâche autour d'objectifs communs partagés entre les disciplines (Fourez et al., 2002). L'interdisciplinarité²³ correspond aussi à une approche qui propose la mise en relation de contenus et de pratiques de deux disciplines ou plus, et ce, autour d'un problème ou d'un thème commun. Comme le souligne Lenoir et Sauvé (1998), il ne s'agit plus simplement d'une « juxtaposition » de regards disciplinaires, mais bien plus une « négociation » entre les disciplines pour résoudre, comprendre ou se représenter un problème qui dépasse les frontières particulières à une discipline. Plus spécifiquement, elle constitue une approche intégrative en vue de l'appréhension de certains problèmes dans leur particularité (Lenoir et al., 2008). Les frontières entre les disciplines invoquées deviennent floues ou évanescentes lorsqu'elles sont utilisées pour aborder un sujet ou un thème (Barma & Guilbert, 2006; Fourez et al., 2002; Rennie, Wallace, et al., 2012; Vasquez et al., 2013). Enfin, la transdisciplinarité correspond à une approche qui interpelle plusieurs disciplines, mais elles sont en quelque sorte fusionnées, les frontières entre elles disparaissent. Les

²² Il importe de mentionner que la notion de continuum peut corollairement induire l'idée que celle-ci permet de passer d'une position moins désirable (intégration faible) à une position plus enviable (intégration élevée). Ceci serait une manière erronée d'interpréter le schéma et, qui plus est, serait incohérent avec les constats de recherche sur l'efficacité d'un curriculum intégré et des activités qui s'y greffent (Rennie, Venville, et al., 2012a; Rennie, Wallace, et al., 2012). Certaines approches d'intégration s'avèrent tout simplement plus appropriées que d'autres en fonction des contextes où elles sont employées.

²³ Lenoir et Sauvé (1998) distinguent l'interdisciplinarité scientifique de l'interdisciplinarité scolaire. La première étiquette fait référence aux frontières des disciplines scientifiques, notamment aux zones d'interface entre-elles, pour éclairer certains problèmes complexes. L'interdisciplinarité scolaire, qui correspond davantage à celle décrite dans cette thèse, fait référence essentiellement à la mise en relation de disciplines scolaires afin d'atteindre différentes finalités éducatives et pédagogiques. L'interdisciplinarité scolaire s'aligne néanmoins sur les mêmes paradigmes que l'interdisciplinarité scientifique (Lenoir et Sauvé, 1998).

contenus disciplinaires les plus pertinents sont articulés eu égard aux problématiques/thèmes à l'étude plutôt que tenter de préserver les structures des différentes disciplines (Vasquez et al., 2013). Les apprentissages réalisés portent davantage sur ce noyau intégrateur (c.-à-d. la problématique ou le thème) et sont compris comme un « transfert d'un champ disciplinaire à un autre » de contenus et de pratiques disciplinaires (Fourez et al., 2002, p. 173).

En synthèse, rappelons que plusieurs étiquettes peuvent être associées à l'intégration. Cependant, deux principes phares de l'intégration peuvent être dégagés comme éléments définitionnels et apparaissent compatibles avec les différentes visions présentées jusqu'à maintenant. Ainsi, le principe d'intégration fait globalement et simultanément référence dans le cadre de cette thèse :

- ✓ aux pratiques d'enseignement, aux processus d'apprentissage ou encore aux curricula qui d'une quelconque manière permettent de relier entre-elles des discipline ou des éléments disciplinaires issus de matières traditionnelles (Fourez et al., 2002; McComas & Wang, 1998; Rennie, Wallace, et al., 2012; Venville, 2015);
- ✓ à une organisation curriculaire, de l'enseignement ou de l'apprentissage s'articulant autour de problèmes ou d'enjeux significatifs reflétant la complexité du monde réel (Beane, 1997; Johnson et al., 2015; Venville et al., 2012).

La Figure 2.3 — *Articulation schématique du principe de l'intégration* ci-dessous propose une organisation schématique des éléments de la définition. Ainsi, on peut en comprendre que, par exemple, une activité

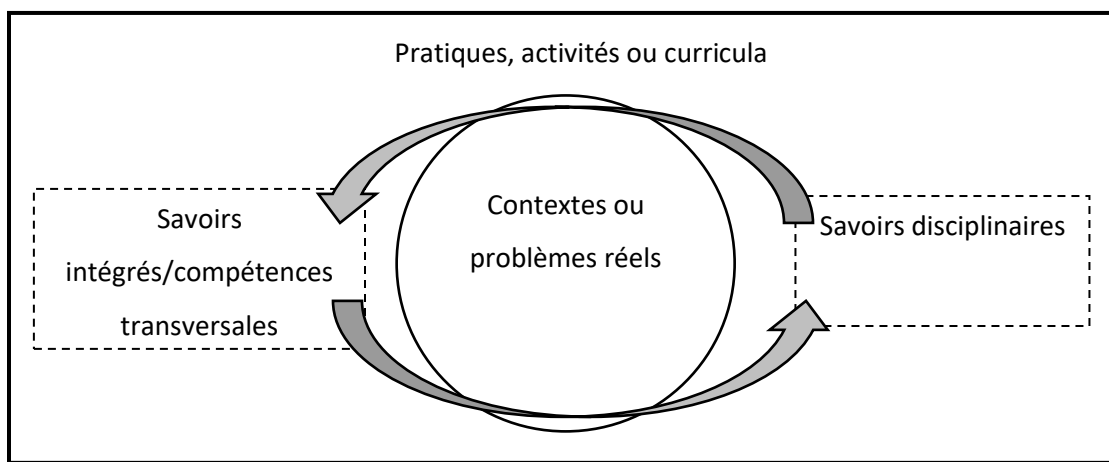


Figure 2.3 — Articulation schématique du principe de l'intégration

faisant appel à l'intégration propose une articulation de savoirs variés autour de problèmes ou de contextes proches de la vie réelle. Ces savoirs sont invoqués en fonction de leur pertinence à l'égard des problèmes ou des contextes qui les rassemblent de sorte que conserver la filiation disciplinaire de ces savoirs est une préoccupation subsidiaire. En respect de ces éléments de définition, il est possible de considérer comme intégrés différents mouvements et approches de l'enseignement des ST. L'*éducation relative à l'environnement* ou la *pensée design*, à titre d'exemples, sont des formes d'éducation qui communément permettent de relier des matières traditionnelles telles que la chimie, la biologie, l'ingénierie et la physique en plus d'autres disciplines comme l'économie et la politique, et ce, en les organisant autour d'un thème fédérateur, l'environnement ou d'autres problématiques STS.

Évidemment, cette ambition amène son lot d'écueils. Certains chercheurs comme McComas et Wang²⁴ (1998) relèvent d'ailleurs la confusion potentielle que peut engendrer la myriade d'expressions associée à l'intégration en ST. La prochaine section s'attarde par conséquent à la description plus formelle de certains de ces mouvements éducatifs en enseignement des sciences/technologie.

2.1.3 L'intégration : un fil d'Ariane à travers les différents mouvements d'enseignement des sciences et de la technologie

L'intégration dans le champ de l'enseignement des ST s'inscrit dans un horizon diachronique remontant à plus de quarante ans. L'intégration en sciences n'est donc pas nouvelle, mais les initiatives dépassant le simple lien science et mathématiques sont quant à elles plus récentes (Honey et al., 2014). Divers courants didactiques et pédagogiques de l'enseignement des ST ayant ponctué cette période se sont construits en accord avec le principe, ce qui explique sa présence croissante dans le paysage contemporain. Sans prétendre à l'exhaustivité, trois mouvements pourraient être considérés inhérents à l'intégration en ST, soit les mouvements Sciences-Technologie-Société (Aikenhead, 1992; Pedretti & Nazir, 2011, 2015; Solomon & Aikenhead, 1994), Sciences-Technologie-Ingénierie-Mathématiques (Hudson, 2015; Johnson et al., 2015; Margot et Kettler, 2019; Rennie, Venville, et al., 2012b) ainsi que les « éducation à » (*p.ex.*

²⁴ Ces derniers auteurs utilisent d'ailleurs le terme « sciences mélangées » (*blended science*) afin de désigner sous une même étiquette tout ce qui réfère de près ou de loin à de l'enseignement des sciences de manière « connectée ». Cependant, il est estimé que cet amalgame entre « connexion » et « intégration » peut conduire à des interprétations erronées de ce qui peut être considéré comme de l'enseignement intégré en ST. À titre d'exemple, une activité d'apprentissage peut articuler plusieurs concepts de sciences sans pour autant le faire autour de problèmes concrets ou de contextes, ce qui est fondamental en intégration.

citoyenneté, santé, sexualité, environnement, etc.) (Albe, 2008, 2015; Charland et al., 2009; Lenoir, 2016; Sauvé, 1997; Simonneaux, 2010). Il va sans dire que ces mouvements d'éducation aux ST constituent des objets éducatifs à part entière, possédant leurs propres déclinaisons de finalités, dimensions épistémologiques, perspectives pédagogiques et didactiques, etc. Or, les objectifs poursuivis par cette étude ne nécessitent pas une compréhension approfondie de ces derniers aspects. Par conséquent, uniquement les grandes lignes en seront ici présentées, et ce, afin d'en tracer un portrait général et aussi de reconnaître l'influence de chacun de ceux-ci à l'intérieur des programmes de ST actuels. Un accent particulier sera aussi accordé aux liens émergents à l'intégration.

2.1.3.1 Le mouvement STS

Jusqu'à la fin des années 1960, l'enseignement disciplinaire des sciences est privilégié par une majorité de curricula à travers le monde, et ce, y compris au Québec. Ce type d'enseignement était particulièrement axé sur l'exploitation de manuels scolaires dont les élèves en retireraient une image des sciences dogmatique et inerte (Hart & Robottom, 1990). Tels que rapportés dans de nombreux ouvrages, les effets²⁵ délétères associés à cette manière d'articuler l'enseignement des sciences ont été les prémices d'une importante vague de réformes et de développements de programmes en ST. C'est dans ce contexte que prit naissance le mouvement Sciences-Technologie-Société (STS) (Hart & Robottom, 1990) qui était, par voie de corollaire, vu comme une réponse à l'essoufflement des programmes classiques d'enseignement des sciences (Fourez, 1995). Il s'agit du premier mouvement d'importance proposant une prise en charge de l'intégration en ST. Dans les années 1980-90, les écrits « phares » de plusieurs chercheurs (voir par exemple Solomon & Aikenhead, 1994) ont contribué à l'effervescence de ce mouvement, notamment à la définition d'une gamme d'approches, de méthodes et de programmes distincts. Globalement, le mouvement STS propose, entre autres choses, que l'enseignement des sciences permette une compréhension des sciences dans une toile plus vaste de liens (interdisciplinaires) que celles-ci entretiennent avec la technologie et la société (Gallagher, 1971; Pedretti & Nazir, 2011) de sorte que la classe de sciences puisse « connecter » davantage avec le monde réel (Pedretti & Nazir, 2015). De manière

²⁵ Voir l'introduction de la thèse pour une présentation plus exhaustive de ces effets, aussi associés à la « crise » de l'enseignement des sciences. Celle-ci concerne, rappelons-le, l'aversion ou la désaffection des élèves envers les sciences.

plus actuelle, le mouvement STS a évolué et intègre désormais en son sein des enjeux actuels²⁶ tels que l’environnement (*p.ex.* Sciences, Technologie, Société et Environnement [STSE] (Pedretti & Nazir, 2011)) et la citoyenneté responsable (par exemple question socialement vive [QSV] (Simonneaux, 2010; Zeidler et al., 2005)). Selon Pedretti et Nazir (2015), ce mouvement demeure encore de nos jours une partie visible et constitutive des sciences/technologie à l’école, et ce, notamment pour plusieurs provinces canadiennes. À titre d’exemple, les programmes québécois de ST enjoignent également la perspective selon laquelle « les activités scientifiques s’inscrivent dans un contexte social et culturel » (Gouvernement du Québec, 2006b, p.1).

La Figure 2.4 — *Dynamique de l’enseignement et de l’apprentissage dans le mouvement STS* (Aikenhead, 1992) constitue une organisation schématique d’une séquence d’enseignement-apprentissage qui pourrait être développée de manière STS et qui représente bien la connexion « sociale » recherchée en éducation aux ST.

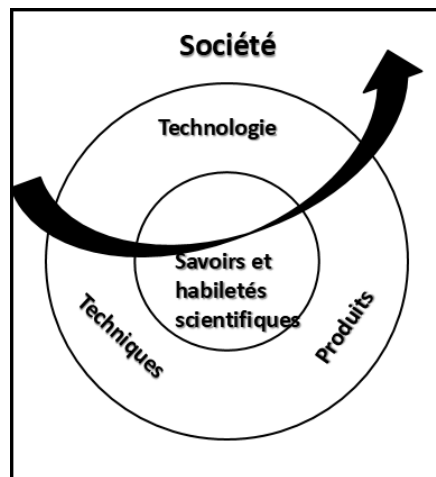


Figure 2.4 — Dynamique de l’enseignement et de l’apprentissage dans le mouvement STS (Aikenhead, 1992)

Afin d’illustrer la chose, prenons pour exemple une situation d’apprentissage qui aurait comme objet l’implantation des compteurs intelligents par Hydro-Québec (contexte de départ lié à la société). Ce contexte amènerait les élèves à explorer le fonctionnement de tels compteurs, à comprendre comment

²⁶ Considérant leur importance dans le paysage actuel de l’enseignement des ST, ces enjeux sont d’ailleurs repris et plus longuement explicités dans le bloc de la présente section portant sur les « éducations à ».

fonctionnaient les anciens, quels avantages/inconvénients cela présente, etc. (sphère Technologie-Techniques-Produits). Ces questions dériveraient ensuite à des questions d'ordre scientifique telles que : comment mesurer la consommation d'électricité? qu'est-ce que les ondes électromagnétiques et comment influencent-elles, le cas échéant, notre santé? (Sphère savoirs et habiletés scientifiques).

Tableau 2.1— Typologie des courants du mouvement STSE issue de Pedretti et Nazir (2011)

Courant	Point focal	Objectifs d'éducation scientifique	Approches dominantes	Exemples de stratégie
Application/design	Résoudre des problèmes par le design de nouvelles technologies ou modifier des technologies existantes avec une emphase sur la recherche et les habiletés	Utilitariste Pratique Résolution de problème Transmission de savoirs disciplinaires et d'habiletés techniques	Cognitive Expérientielle Pragmatique Créative	Apprentissage par problème Concevoir et construire des artéfacts
Historique	Comprendre l'enchevêtrement historique et socioculturel des idées et de l'activité scientifiques	Réalisation culturelle et intellectuelle Valeur intrinsèque (intéressante, excitante, nécessaire)	Créative Réflexive Affective	Études de cas historiques Jeu de rôles Pièce de théâtre Simulations
Raisonnement logique	Comprendre les problématiques Prise de décision concernant les problématiques socioscientifiques en considérant les preuves empiriques	Citoyenneté Citoyenneté responsable Prise de décision (personnelle et sociétale) Transaction d'idées	Réflexive Cognitive	Utilisation de problématique socioscientifique Analyse de risque/bénéfice Analyse des parties prenantes Utilisation de modèles d'argumentation Modèles de prise de décision Débats
Centré sur les valeurs	Comprendre les problématiques Prise de décision concernant les problématiques socioscientifiques en considérant les raisonnements éthiques et moraux	Citoyenneté Citoyenneté responsable Prise de décision (personnelle et sociétale) Transaction d'idées	Affective Morale Logique Critique	Études de cas Analyse de problématique socioscientifique Utilisation de cadres moraux et philosophiques Clarification des valeurs Prise de décision morale
Socioculturel	Comprendre la science et la technologie comme partie prenante d'un contexte socioculturel plus vaste	Réalisation culturelle et intellectuelle Transaction d'idées	Holistique Réflexive Expérientielle Affective	Études de cas Utilisation de problématique socioscientifique Intégration de systèmes de savoirs alternatifs (p.ex. traditionnels, spirituels) Narration Curricula intégrés
Justice écosociale	Critiquer/résoudre les problèmes sociaux et environnementaux par l'entremise d'actions humaines	Citoyenneté Citoyenneté responsable Résolution de problème Transformation/ Émancipation	Créative Affective Réflexive Critique Expérientielle Contextuelle	Utilisation de problématique socioscientifique Étude de cas Projets communautaires Débats Élaboration de plan d'action Utilisation de contextes locaux et globaux

De manière inverse, les savoirs scientifiques appris favoriseraient la compréhension de la technologie de telle sorte que les personnes seraient désormais en mesure de prendre des décisions éclairées à leur égard. Ce cas de figure permet de rendre compte de la plausibilité de ce genre de situations pédagogiques qui peut aisément produire des liens interdisciplinaires entre sciences, technologie et enjeux sociétaux, et ce, tout en inscrivant ces derniers dans un contexte réel.

Toutefois, certains observateurs du mouvement STS estiment que la richesse qui le caractérise, fait de ce dernier un construit éducatif fort complexe, qui s'avère particulièrement difficile à définir et à comprendre pour les néophytes (Pedretti & Nazir, 2015). En fait, il n'existe pas de consensus ou de vision univoque de ce que représente une éducation STS; celle-ci existe dans de nombreuses formes et contextes et est influencée par différentes personnes suivant différents objectifs. Aux fins d'une description plus exhaustive, Pedretti et Nazir (2011) ont élaboré une typologie comprenant six (6) courants inhérents au mouvement STS (Tableau 2.1— *Typologie des courants du mouvement STSE issue de Pedretti et Nazir (2011)*) : 1 — Application et design, 2 — Historique, 3 — Raisonnement logique, 4 — Centré sur les valeurs, 5-Socioculturel et 6-Justice écosociale. Le courant socioculturel par exemple favorise une compréhension des sciences et de la technologie dans un contexte socioculturel plus large, tout en analysant les structures sociales complexes dans lesquelles opère la science. Ce courant se rattache aux finalités de l'enseignement des sciences en tant que réalisations culturelle et intellectuelle (culture scientifique et technologique) importantes et identifie ses approches dominantes comme holistiques, réflexives, expérientielles et affectives. Les exemples de stratégies pédagogiques comprennent l'utilisation d'études de cas, la narration et les curricula intégrés. Cette typologie peut servir à l'analyse critique des discours et des pratiques contemporains liés aux courants STS.

2.1.3.2 Le mouvement d'éducation intégré aux STIM

Le mouvement Sciences-Technologie-Ingénierie-Mathématiques [STIM] est un mouvement parallèle à celui STS et relativement plus récent. L'acronyme STIM a d'abord émergé dans les années 1990 des discours du domaine politico-économique afin de désigner et promouvoir les carrières de ce champ (Hudson, 2015; Koehler et al., 2015). Ce n'est que plus tardivement que ce terme a été récupéré par les sciences de l'éducation, surtout aux États-Unis, afin de référer à une perspective intégrée d'éducation aux sciences, technologies, ingénieries et mathématiques. L'éducation aux STIM prend donc racine à l'intérieur

de ce terreau de promotion du domaine, favorisant « le développement de compétences à l'intérieur de champs en forte demande » (Hudson, 2015, p.940).

Moore et al. (2015) s'entendent sur le fait que le mouvement STIM « consiste avant tout à offrir aux étudiants des possibilités d'apprentissage dans des contextes nécessitant le croisement de frontières interdisciplinaires » (p.5) ce qui est cohérent avec une des dimensions fondamentales de l'intégration. Au-delà de ce principe fédérateur, il s'avère que l'éducation intégrée aux STIM est, à l'image du principe plus général d'intégration, particulièrement difficile à définir, car elle peut se décliner de plusieurs façons. Pour Honey et al. (2014), « il peut s'agir de différentes combinaisons de disciplines STIM, mettre l'accent sur une discipline plus qu'une autre, être présenté dans un cadre formel ou informel et impliquer une gamme de stratégies pédagogiques » (Traduction libre, p.23). Malgré cet écueil, certains chercheurs sont tout de même parvenus à esquisser des descriptions et des définitions intéressantes qu'il importe de relever. S'appuyant du travail de chercheurs ayant influencé significativement l'édification du mouvement (Childress & Sanders, 2007; Sanders, 2009; Sanders & Wells, 2010), Bryan et al. (2015) définissent l'éducation intégrée aux STIM comme « l'enseignement et l'apprentissage de contenus et de pratiques disciplinaires, scientifiques et/ou mathématiques, par l'intégration de pratiques d'ingénierie et la conception technologique (*design*) de technologies pertinentes » (Traduction libre, p.23-24). Selon cette perspective, un caractère distinctif du mouvement STIM, du moins par comparaison aux autres mouvements d'intégration des ST, est sa nécessaire préoccupation pour le domaine de l'ingénierie (Johnson et al., 2015; Margot & Kettler, 2019), mais aussi sa perspective technocratique de l'enseignement et de l'apprentissage qui y prend une place que l'on pourrait qualifier de centrale.

Afin de bien comprendre cette articulation, une idée générale de ce à quoi réfèrent l'ingénierie et l'éducation qui en découle apparaît nécessaire. En substance, l'ingénierie est à la fois un processus de résolution de problèmes et un ensemble de connaissances portant sur la conception et la fabrication des artefacts technologiques (Honey et al., 2014; NRC, 2009a). L'ingénierie et la technologie (voir section 2.1.1 pour une définition de la technologie) sont, par conséquent, des domaines étroitement liés l'un à l'autre; l'éducation qui s'y rattache fait parfois ou non la distinction entre les deux. Afin d'illustrer la chose, de Vries (2009) estime que l'éducation à la technologie et l'éducation à l'ingénierie ne sont pas du même ordre. L'éducation à l'ingénierie préparerait les élèves à devenir des ingénieurs avec tout ce que cela implique et serait moins concernée par les dimensions sociales et humaines des technologies tandis que

l'éducation technologique préparerait les élèves à devenir des citoyens, sans tenir compte de leur carrière future. De manière alternative, rappelons que Mitcham (1994) exploite davantage le concept de « technologie » qu'il décline en quatre catégories (les produits (artéfacts), les savoirs, les démarches et les valeurs). Dans ce cas de figure, la technologie englobe apparemment l'ingénierie, car les préoccupations qu'elle convoie ne sont qu'une ramification à l'intérieur du champ d'études technologique plus large (de Vries, 2012).

À notre connaissance, l'ingénierie comme élément structurant d'une éducation intégrée aux STIM, plus particulièrement par la démarche de design²⁷ (*design-based education*), est la voie privilégiée par un grand nombre de propositions de cadre de référence (Bryan et al., 2015; Johnson et al., 2015; Rennie, Venville, et al., 2012 a; Roth, 2001; Roth et al., 2001). Il s'agit, pour reprendre l'expression de Bryan et al. (2015), du noyau « intégrateur », de l'élément qui cimente les différentes parties en un tout cohérent. Roth et al. (2001) supportent l'idée que les environnements pédagogiques de design rendent possible l'intégration des pratiques qui sont généralement du ressort des différentes disciplines traditionnelles. De surcroît, les pratiques de l'ingénierie dont la démarche de conception ou de design procurent le réel ou le concret aux contextes et la possibilité de résoudre des problèmes à l'intérieur desquels l'apprentissage et l'application des sciences et des mathématiques sont requis (Bryan et al., 2015; Margot & Kettler, 2019). Cet essentiel raccord au réel, qui rappelons-le est l'élément phare de l'intégration, et à la résolution de problème à ce même plan permettent d'engager les élèves à l'intérieur d'enjeux significatifs de la vie de tous les jours, ce qui est davantage stimulant et motivant pour eux (Carlson & Sullivan, 2004; VanTassel-Baska & Little, 2011).

Ainsi réfléchie, l'éducation intégrée aux STIM trouve des ancrages dans les actuels programmes de ST du secondaire, à plus forte raison dans le parcours de formation générale appliquée (cours d'ATS). Dans ce profil particulier de formation, l'exploration des concepts théoriques (scientifiques et technologiques) s'ancre à des applications technologiques. Le programme indique à cet égard que « pour favoriser l'intégration des différents univers, les concepts prescrits ont été organisés autour d'applications associées

²⁷ Voir section 2.1.4.4 pour une description formelle de l'approche ou de la démarche de design.

aux [7] champs technologiques²⁸ » (Gouvernement du Québec, 2006b) (p.26). Cette façon d'articuler les savoirs à des systèmes technologiques constitue un lien logique avec l'éducation aux STIM qui privilégie aussi un accès aux savoirs « par » les technologies (Moore et al., 2015). De plus, la conception technologique est une démarche aussi privilégiée par le programme, notamment pour la mobilisation de la compétence disciplinaire *Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique et technologique*. Il s'agit d'un écho important aux idées du mouvement STIM qui, de surcroît, conceptualise celle-ci comme une démarche de résolution de problème. Enfin, les liens entre les sciences/technologie et mathématiques sont, rappelons-le, souhaités par les concepteurs du programme ainsi que par les disciples du mouvement STIM. Force est d'admettre que les mathématiques constituent des outils essentiels à l'activité scientifique et font partie implicitement de l'éducation aux sciences depuis fort longtemps (Hudson, 2015).

2.1.3.3 Les « éducation à » en ST

À l'instar de propos antérieurement tenus dans ce chapitre, nombre de mouvements actuels en éducation aux sciences ont été développés en réaction à « une vision des sciences et de l'enseignement scientifique essentiellement positiviste afin de permettre une compréhension plus avertie de la nature et des pratiques des sciences » (Albe, 2008, p.48). Découlant de recherches qui se sont intéressées aux relations STS, les préoccupations liées à la société, l'économie et l'environnement ont conduit à proposer que la formation en sciences des futurs citoyens devienne une priorité, pavant la voie à l'émergence de courants éducatifs ayant pour visée le développement d'une culture scientifique et technologique²⁹ (Albe, 2015). C'est dans cette foulée qu'au Québec et ailleurs dans le monde ont été introduits dans le curriculum de nouveaux objets de formation dont « les " éducations à " en sont sans doute l'expression la plus visible » (Lenoir, 2016, p.141). En fait, il existe une myriade de ces « éducations à » qui peut, à titre d'exemple, s'intéresser à des sujets aussi variés que la paix, la citoyenneté, la sexualité et la santé. D'un point de vue curriculaire, celles-ci trouvent apparemment des ancrages dans les préoccupations liées aux DGF ainsi que dans la

²⁸ Technologies médicales, technologies agricoles et agroalimentaires, technologies de l'énergie, technologies de l'information et de la communication, technologies des transports, technologies de production manufacturière et technologies de la construction (Gouvernement du Québec, 2006b).

²⁹ Les nouveaux programmes intégrés visent d'ailleurs le développement de cette culture scientifique et technologique chez l'élève. L'idée étant de préparer adéquatement les élèves citoyens de manière qu'ils puissent comprendre les enjeux de leur société (Charland & Cyr, 2011; Charland et al., 2009).

mobilisation des compétences transversales (Gouvernement du Québec, 2004, 2006b). Ces volets du PFEQ forment, disons-le derechef, le premier niveau inhérent à l'intégration et constituent un terreau fertile pour la concrétiser. Par ailleurs, les « éducation à » ne sont pas explicitement au « menu » d'un domaine d'apprentissage en particulier bien que certains programmes disciplinaires s'avèrent plus compatibles que d'autres pour aborder les enjeux sous-jacents. Par exemple, l'éducation à la santé sied bien à l'éducation physique tandis que l'éducation à la citoyenneté trouve davantage d'affinité avec le domaine de l'univers social. Nonobstant ce dernier fait, c'est la complémentarité des regards disciplinaires portés sur ces enjeux qui est davantage recherchée (Lenoir, 2016). Ceci est d'ailleurs cohérent avec la vision ministérielle qui prône de porter un éclairage interdisciplinaire sur des enjeux d'importance par des interventions disciplinaires conjointes, dont celles conduites par les sciences/technologie (Gouvernement du Québec, 2006b).

Bien qu'un bassin plus important d'« éducation à » puisse être potentiellement justifié, il apparaît clair que l'éducation à la citoyenneté et l'éducation relative à l'environnement [ERE] sont davantage présentes dans le paysage contemporain de l'enseignement des ST, notamment au Québec (Boutet & Samson, 2010; Hasni, 2010). Cette sélection repose sur la considération de différents éléments des programmes de formation en ST, dont l'affinité de ce champ avec les DGF « environnement et consommation » et « vivre-ensemble et citoyenneté », la considération du développement d'une culture scientifique et technologique ainsi que, plus spécifiquement à l'ERE, l'articulation des savoirs autour d'enjeux environnementaux dans le cadre des programmes de quatrième secondaire (ST et STE) (Gouvernement du Québec, 2004, 2006b).

D'abord, l'éducation à la citoyenneté s'inscrit dans un horizon « démocratique »³⁰ de l'éducation aux ST. Cela implique de considérer qu'une formation scientifique et technologique de qualité à l'école « permet aux citoyens de participer significativement aux décisions que les sociétés doivent maintenant prendre à l'égard de problèmes socioscientifiques et sociotechniques toujours plus complexes » (Albe, 2008, p.48). De l'avis de plusieurs, l'enseignement autour de questions scientifiques socialement vives (QSSV) apparaît comme une voie privilégiée à une mise en œuvre de cette éducation aux sciences plus citoyenne (Albe, 2008, 2015; Simonneaux, 2010; Zeidler et al., 2005). Par définition, une « question socialement vive

³⁰ Voir à cet égard la typologie des finalités de l'enseignement des ST de Barma et Gilbert (2006).

constitue un enjeu social, mobilise des représentations, des valeurs, des intérêts qui s'affrontent, fait l'objet de débats et d'un traitement médiatique » (Albe, 2008, p.50). Ce faisant, une QSSV se « concentre sur l'objectif d'habiliter les élèves pour qu'ils puissent s'approprier les questions scientifiques qui modèlent leur monde actuel et celles qui détermineront leur monde futur » (*Ibid.*, p.50), et ce, afin d'atteindre l'objectif plus grand de développer une citoyenneté responsable (Sadler, 2004). « À une autre extrémité, il s'agit de concevoir les questions socioscientifiques comme un moyen de favoriser l'apprentissage de savoirs scientifiques » (Albe, 2008, p.50).

Du point de vue qui intéresse cette recherche, cette manière d'articuler les QSSV à l'éducation à la citoyenneté s'avère cohérente face à l'intégration. Zeidler (2015) éclaire avec justesse certains de ces enjeux :

L'objectif pédagogique primordial est d'impliquer les élèves à l'intérieur d'activités scientifiques à travers l'exploration, la recherche, le questionnement et le discours lorsqu'ils explorent des problématiques pertinentes pour eux, mais aussi des points de vue sociétaux et mondiaux. Une compréhension conceptuelle plus approfondie devient nécessaire pour arriver à une résolution plus juste de ces sujets. (Traduction libre, p.998)

Pointons ici certaines caractéristiques qui résonnent avec les principes de l'intégration, notamment la centration sur l'élève, les activités de type « ouvert », l'articulation autour de questions faisant le pont entre les enjeux locaux et mondiaux de même qu'une exploration des savoirs scientifiques eu égard à la question à l'étude et non en fonction des prérogatives disciplinaires.

Également, l'éducation à la citoyenneté est intimement liée à l'ERE. Ce deuxième courant est ici abordé en conservant en tête qu'ils partagent certains traits familiers. D'entrée de jeu, Giordan (2010) précise que d'une manière ou d'une autre, il existe clairement une conjugaison de l'ERE à l'enseignement formel en général et, plus spécifiquement, à l'enseignement des sciences/technologie. Tel que rapporté dans de précédents écrits sur le sujet (Collard-Fortin, 2013; Collard-Fortin & Gauthier, 2014), la conscientisation aux questions écologiques et sociales a nécessité l'intégration dans les curricula, notamment en ST, d'objectifs relevant d'une ERE, et ce, dans le but de renforcer l'éducation scientifique d'une dimension écocitoyenne (Albe, 2008; Boutet & Samson, 2010; Charland & Cyr, 2011; Girault & Sauvé, 2008; Hasni, 2010). À titre de repère, l'UNESCO-PNUE (1990) définit l'ERE comme

un processus permanent dans lequel les individus et la collectivité prennent conscience de leur environnement et acquièrent les connaissances, les valeurs, les compétences,

l'expérience et aussi la volonté qui leur permettront d'agir, individuellement et collectivement, pour résoudre les problèmes actuels et futurs de l'environnement. (p.3)

L'ERE donne un cadre spécifique d'application, un contexte pour le dire autrement, par lequel peut se réaliser l'éducation scientifique et technologique. Cette articulation peut se concrétiser plus formellement par la mise en relation, autour d'enjeux environnementaux, de matières traditionnelles dont la chimie, la biologie, la technologie et la physique en plus d'autres disciplines comme l'économie et la politique. Comme le mentionnent Charland et al. (2009), « des éléments d'ERE à travers l'enseignement scientifique et technologique peuvent contribuer à influencer les politiques publiques en amenant les élèves, écocitoyens, à participer aux affaires publiques de leur société » (p.73). Boutet et Samson (2010) parlent du construit de « citoyenneté environnementale » pour désigner le point de rencontre entre les formations citoyenne, environnemental et la scientifique. En synthèse, Charland et Cyr (2011) mentionnent que « l'intégration de l'éducation relative à l'environnement dans le cadre de la formation scientifique vise le développement d'une culture technoscientifique et favorise, la formation de citoyens critiques, informés et sensibilisés aux problèmes environnementaux touchant leur société » (p.21).

En terminant, les dernières sections ont permis de faire émerger le fil conducteur que constitue l'intégration à l'intérieur de différents mouvements de l'enseignement des ST. Du point de vue macro-éducatif, il a été possible de démontrer que certains principes fondamentaux de l'intégration tels que le croisement disciplinaire et l'articulation des savoirs autour d'enjeux réels et significatifs sont mobilisés à l'intérieur de ces mouvements. De surcroît, les liens entre ces mouvements et les programmes d'enseignement de ST actuels ont été définis et s'avèrent particulièrement visibles et forts. Cependant, à une échelle plus proche de la salle de classe, il demeure pour l'instant ardu de saisir les tenants et aboutissants d'une mise en œuvre effective de l'intégration en ST, bien que certains éléments ont jusqu'à maintenant pu être avancés. Par conséquent, le segment subséquent approfondit davantage ces questionnements liés à l'opérationnalisation en salle de classe, et ce, notamment en offrant un cadre en permettant la description.

2.1.4 Cadre descriptif pour l'intégration en ST

L'intégration en ST est un principe teintant plusieurs dimensions éducatives et, ce faisant, il importe que le cadre pour apprécier les initiatives qui en découlent tienne compte de cette caractéristique. Les auteurs

du rapport produit par le NRC (Honey et al., 2014) ont soulevé la difficulté de rendre compte de ces initiatives à l'intérieur du paysage éducatif. À une échelle macroscopique, cela peut inclure l'appréciation de curricula ou de programmes spécifiques tandis qu'au niveau microscopique, il pourrait s'agir d'une activité se déroulant à l'intérieur d'une ou de plusieurs périodes, d'un projet s'inscrivant dans un ou plusieurs cours ou encore porté par une école entière, qui inclue du temps en classe ou en dehors, etc. Ainsi comprise, l'appréciation de telles expériences d'intégration en ST peut rapidement devenir un « casse-tête » pour le chercheur désireux d'objectiver cet objet.

Afin de faciliter cette tâche, Honey et al. (2014) ont proposé un cadre descriptif des initiatives d'intégration en ST, issu de leur importante revue de littérature, comportant quatre dimensions (Figure 2.5 — *Cadre descriptif pour l'intégration en ST issu de Honey et al. (2014)*) : [1] — les visées de l'intégration en ST [2] — les extrants de l'intégration en ST, [3] — la nature et l'ampleur de l'intégration et [4] — l'opérationnalisation de l'intégration en ST. Ce cadre permet de contenir l'éventail des possibles en matière d'intégration des ST, ce qui a grandement motivé sa sélection et son utilisation dans le contexte de cette étude. À première vue, ce cadre apparaît fort intéressant pour apprécier les initiatives d'intégration en ST, mais force est d'admettre qu'il ne peut être utilisé *in extenso*. En effet, il est manifeste que certaines de ses sous-composantes comportent des éléments qui sont davantage propices et adaptés à un contexte de l'enseignement des ST américain. À titre d'exemple, les compétences du 21^e siècle sont identifiées comme une visée potentielle de l'intégration en ST. Or, cet item n'est pas réellement pris en charge par les actuels programmes québécois d'éducation aux ST et il serait dès lors hasardeux de présumer de leur présence ou encore de leur déficit au sein des activités. En revanche, cette visée du cadre de référence pourrait aisément être substituée par le développement des « compétences transversales » qui sont, à notre avis, du même ordre et siéent davantage aux initiatives locales et nationales qui ont été analysées dans le cadre de cette thèse.

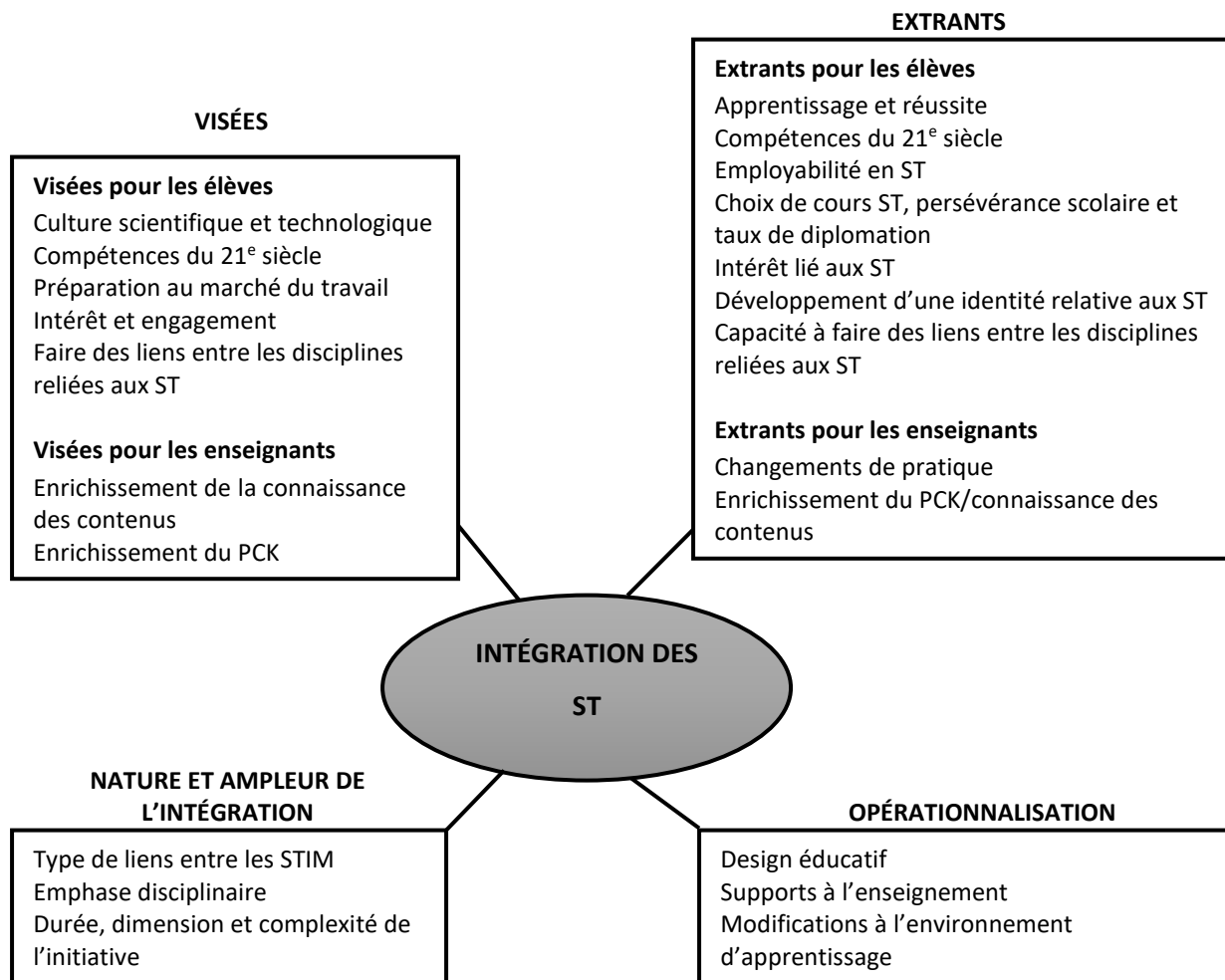


Figure 2.5 — Cadre descriptif pour l'intégration en ST issu de Honey et al. (2014)

Ainsi, les prochains segments s'attardent à la description et à la critique des différentes rubriques du cadre descriptif en plus de préciser les liens avec les programmes de ST de même que les modifications/adaptations induites par la considération de ces derniers.

2.1.4.1 Les visées de l'intégration en ST

Les visées correspondent « aux déclarations que le développeur d'une intervention éducative particulière souhaite accomplir » (Honey et al., 2014, p.33). Ainsi, sept visées peuvent être repérées au sein de la littérature concernant l'intégration en ST et peuvent être regroupées selon qu'elles réfèrent à l'élève ou à l'enseignant. Les visées pour les élèves sont les suivantes, soit la culture scientifique et technologique, les compétences du 21e siècle, la préparation au marché du travail, l'intérêt et l'engagement et les habiletés

à faire des liens parmi les disciplines scientifiques et technologiques. Les visées pour les enseignants concernent l'enrichissement de la compréhension des concepts liés aux STIM ainsi que l'enrichissement du savoir pédagogique lié aux contenus (PCK)³¹.

Visées pour les élèves

L'idée que l'intégration en ST permette le développement d'une culture scientifique et technologique est une notion largement supportée au sein de la littérature scientifique (Albe, 2015; AAAS, 1994; Cajas & Gallagher, 2001; ITEA, 2000; Jones & Bunting, 2015; Pedretti & Nazir, 2015; Solomon & Aikenhead, 1994). Il est d'ailleurs reconnu que les programmes de ST du secondaire, qui répondent à plusieurs égards aux principes de l'intégration, « visent la consolidation et l'enrichissement par les élèves de leur culture scientifique et technologique » (Gouvernement du Québec, 2006b, p.23). Or, il faut aussi dire que cette idée d'une culture « hybride » est relativement nouvelle. En fait, peu d'éléments de littérature ont jusqu'à maintenant permis une définition formelle de cette culture « hybride », et ce, bien que séparément l'alphabétisation liée aux sciences ou l'alphabétisation liée à la technologie ont été mieux couvertes séparément (Honey et al., 2014). D'ailleurs, Barma (2008) ainsi que Law (2002) soutiennent que le concept de culture scientifique et technologique fait l'objet de nombreuses interprétations selon les finalités poursuivies par les acteurs mobilisant l'éducation aux ST. Autrement dit, l'intégration en ST permettrait le développement d'une culture scientifique et technologique, mais celle-ci prendra indûment une forme particulière qui assurera une certaine cohérence entre les deux. S'inspirant de différents ouvrages américains emblématiques tels que le *Benchmarks for Science Literacy* (AAAS, 1994), le *National Science Education Standards* (NRC, 1996) et le *Standards for Technological Literacy: Content for the Study of Technology* (ITEA, 2000), Honey et al. (2014) infèrent trois généralités concernant la culture scientifique et technologique qui, de leur point de vue, seraient compatibles avec l'intégration en ST. Elle serait une combinaison de trois généralisations³² concernant les rôles, les contenus de même que les compétences

³¹ Cet item fait référence directement à la typologie des savoirs liés à l'acte d'enseigner de Shulman (1987), dont est issue la catégorie « savoir pédagogique lié aux contenus ». Toutefois, ce dernier terme est une traduction de celui original anglais *pedagogical content knowledge*, dont la réunion des premières lettres forme l'acronyme PCK. Considérant l'utilisation répandue de ce dernier acronyme, et ce, même dans la littérature francophone, celui-ci sera utilisé dans le cadre de cette thèse pour désigner le savoir pédagogique lié aux contenus.

³² Généralisations qui ne sont pas sans rappeler la triple mission de l'École québécoise qui est d'instruire (acquisition de connaissances scientifiques et technologiques), de socialiser (liens entretenus entre les ST et la société) et de qualifier (mobiliser/réinvestir les connaissances apprises, développer des compétences) (Gouvernement du Québec, 2004, p. 5)

inhérentes à cette culture. La première généralité concerne les liens que peuvent entretenir les ST avec la société. Pour Honey et al. (2014), il importe que l'alphabétisation scientifique et technologique permette une connaissance des rôles des sciences, de la technologie, de l'ingénierie et des mathématiques dans la société moderne. Cela est au cœur de moult propositions de finalité de l'enseignement des ST au sein de la littérature scientifique (Aikenhead, 1994; Pedretti & Nazir, 2011, 2015; Solomon & Aikenhead, 1994), de propositions de comités d'observation de l'éducation aux ST (CST, 2004; CSÉ, 2013; Gouvernement du Québec, 1997, 1998) et aussi à l'intérieur des actuels programmes de formation de ST³³ (Gouvernement du Québec, 2004, 2006b). Il s'agit donc d'une composante essentielle de la culture scientifique et technologique, *a fortiori* lorsque celle-ci est observée par le prisme de l'intégration. En fait, la dimension sociale est nécessaire lors d'une approche de problèmes ou d'enjeux qui prétendent s'inscrire dans le monde « réel », car elle en est indissociable. Pour Fourez (1994), l'axe social de l'enseignement des ST est aussi une manière de repousser notre dépendance collective à la technocratie, notamment en disséminant davantage de connaissances et de pouvoirs dans la société afin d'atténuer le sentiment d'impuissance que peuvent ressentir les citoyens face aux ST. Cette articulation est congruente avec l'intégration qui fait la promotion d'une émancipation citoyenne par « rapport » aux et par l'« apport » des ST (Collard-Fortin & Gauthier, 2014). La seconde généralité invite à ce que les élèves acquièrent une certaine aisance avec différents principes scientifiques et technologiques fondamentaux. Honey et al. (2014) évoquent en fait une familiarité avec au moins certains concepts fondamentaux de chaque domaine. D'emblée, il faut rappeler que l'intégration ne remet pas en cause la maîtrise de contenus scientifiques et technologiques disciplinaires; elle ne peut simplement pas s'y limiter. De plus, il est estimé que les concepts fondamentaux ne doivent pas être vus telle une série de connaissances particulières à maîtriser, mais davantage comme un ensemble global³⁴ qui permet de s'y retrouver dans notre univers marqué de plus en plus par la complexité des problèmes qui le touchent (Fourez, 1994). Ainsi, chaque thème ou problématique exploré de manière intégrée assurera, d'une part, une acquisition implicite de concepts scientifiques et technologiques fondamentaux et, d'autre part, une exploration de ces derniers davantage en cohérence

³³ À titre de rappel, les programmes québécois de ST enjoignent également la perspective selon laquelle « les activités scientifiques s'inscrivent dans un contexte social et culturel » (Gouvernement du Québec, 2006b, p. 1).

³⁴ Illustrons la chose en traitant de l'apprentissage de la conduite automobile. Dans ce cas de figure, il serait irréaliste de penser que l'apprenant puisse connaître l'intégralité du réseau routier « en soi » (séquence de connaissances), c'est-à-dire l'ensemble complexe et interconnecté de rues, d'autoroutes, d'embranchements, etc. Ayant en tête une destination, l'apprenti conducteur « trouve » plutôt son chemin en s'appuyant sur ses connaissances préalables du système sémiotique routier, lui permettant un décodage de l'information et, ultimement, de s'y déplacer de manière autonome (l'ensemble global de connaissances).

avec les exigences du monde d'aujourd'hui. Quant à la troisième généralité, celle-ci fait référence au fait que le développement d'une culture scientifique et technologique passe par une capacité du porteur à « mobiliser » ou à « réinvestir » les connaissances apprises. Honey et al. (2014) suggèrent que la culture scientifique et technologique implique « un niveau de base de maîtrise des applications (par exemple, la capacité à évaluer de manière critique le contenu scientifique ou technique dans un reportage, à effectuer un dépannage de base des technologies communes et à effectuer des opérations mathématiques de base pertinentes à la vie quotidienne) » (Traduction libre, p.34). Or, il a été explicité que l'intégration en ST permet de faire des apprentissages qui supportent la mobilisation et le transfert des savoirs à l'intérieur de différents contextes (Johnson et al., 2015; Margot & Kettler, 2019; Samson, 2010). Cette caractéristique de la culture scientifique et technologique évoque aussi une certaine utilisation des savoirs, ce qui réfère à l'idée de « compétence », faisant écho à la structuration du même ordre du curriculum actuel (Gouvernement du Québec, 2004, 2006b).

En définitive, l'ensemble de ces généralités liées à la culture sont traduites à l'intérieur des préoccupations portées par les programmes d'enseignement. Il est en fait considéré que le développement d'une culture scientifique et technologique passe par « la construction de savoirs [essentiels] variés » et s'accompagne des (3) compétences ciblées (Gouvernement du Québec, 2004, p.282). Ces compétences sont le reflet des usages souhaités chez les élèves en ST et « doivent notamment leur permettre de mieux comprendre la réalité scientifique et technologique dans notre société » (*Ibid.* p.282).

De manière complémentaire, le développement des compétences du 21^e siècle est une autre visée potentielle de l'intégration en ST avancée au sein de la littérature (Bryan et al., 2015; Bybee, 2010; NRC, 2012a). Généralement, l'étiquette « compétences du 21^e siècle » englobe moult termes analogues qui réfèrent en substance aux compétences, connaissances et attitudes que les citoyens, travailleurs et dirigeants doivent posséder afin d'être efficaces dans une société en changement (Bryan et al., 2015; ministère de l'Éducation de l'Ontario, 2016). Pruneau et al. (2015), évoquant Westera (2001), précisent que « [les compétences du 21^e siècle] sont liées à la gestion de problèmes complexes et de situations incertaines, sont transversales, multidimensionnelles et de haut niveau » (p.5). Ces mêmes chercheurs ainsi que d'autres (NRC, 2012b; Ouellet & Hart, 2013; Voogt & Roblin, 2012) relèvent des invariants à l'intérieur des écrits portant sur cet objet. Ainsi,

l'analyse; l'évaluation; l'entrepreneuriat; les compétences sociales, civiques ou culturelles; la gestion; la connaissance de soi; le leadership et la responsabilité; la production; la résolution de problèmes complexes; l'adaptabilité et la flexibilité; la communication; le travail d'équipe; la pensée critique; la créativité et l'innovation; la prise de décision (Pruneau et al., 2015, p.5)

constituent les compétences les plus souvent évoquées au sein de la littérature. Il est manifeste que ces dernières sont en phase avec l'idée de savoir ou d'apprentissage intégré et sont du même ordre (Venville, 2015)³⁵. Celles-ci constituent aussi des supports potentiels à l'apprentissage en profondeur,³⁶ ce qui sied particulièrement bien à l'intégration (Honey et al., 2014). Cependant, bien que la réflexion en matière de compétences du 21^e siècle semble bien amorcée au Canada (Milton, 2015; ministère de l'Éducation de l'Ontario, 2016; Pruneau et al., 2015), le Québec est pour sa part à la remorque sur ce développement, et ce, tant sur le plan de la définition que de l'institutionnalisation au niveau scolaire. Ce faisant, il apparaît difficile de considérer le développement des compétences du 21^e siècle comme une visée potentielle de développement des initiatives d'intégration en ST. Alternativement, il s'avère que le concept de compétences transversales est, pour sa part, mieux défini et reconnu à l'intérieur des programmes actuels d'enseignement. À l'instar de propos antérieurement tenus, l'idée que l'exploration des savoirs disciplinaires devrait aussi permettre l'apprentissage de savoirs et d'habiletés que l'on pourrait qualifier d'« intégrés » trouve écho dans le développement de compétences transversales. Considérant que cette recherche s'inscrit dans un contexte scolaire, il est proposé que ce cadre descriptif substitue la visée du développement des compétences du 21^e siècle au profit de celle de compétences transversales mieux prises en charge par les programmes actuels, et ce, afin d'être davantage en cohérence avec ce constat.

D'autre part, tel que cela a été évoqué précédemment, derrière la mise en œuvre de l'intégration en ST se dissimule des enjeux très pragmatiques, notamment d'orienter davantage d'élèves vers les filières d'études et, ultimement, vers des profils de carrière technoscientifiques (Bagiati & Evangelou, 2015). Bien

³⁵Voir la définition de savoir intégré proposée en section 1.2.1 Pourquoi intégrer ?

³⁶ Pellegrino et Hilton (2012) définissent cet apprentissage comme un « processus au cours duquel une personne parvient à s'approprier les enseignements tirés d'une situation et à les appliquer à de nouvelles situations » (p.5). Cela réfère donc à une transférabilité des apprentissages à différents contextes.

que l'éducation intégrée aux ST ne fasse pas de son *leitmotiv*³⁷ ou de son point focal le recrutement en ST, elle n'y est pas pour le moins incompatible. Plusieurs domaines de pointe en ST partagent d'ailleurs le besoin d'adopter une perspective interdisciplinaire dans leur opérationnalisation contemporaine (Weingart, 2010). Dès lors, des élèves ayant été formés en contexte intégré seraient mieux préparés et outillés pour travailler dans ces nouveaux environnements. Dans la même veine, la contextualisation des apprentissages en ST, élément phare des situations d'apprentissage en contexte intégré, semble offrir un soutien propice à l'intention des élèves de faire des études dans le domaine (Bennett et al., 2007; Hasni et al., 2015). Il est donc envisageable que différentes initiatives d'intégration encouragent cette possibilité, comme en témoignent d'ailleurs certains recueils de pratiques du *National Science Teacher Association* [NSTA] (Voir par exemple Yager, 2012). Les programmes de ST ne sont pas non plus fermés à cette perspective de formation, l'évoquant à quelques occurrences. À titre d'exemple, il y est question de « [...] l'intention de préparer un certain nombre d'élèves à s'orienter vers des carrières leur permettant d'assumer un rôle de surveillance et d'évaluation de ces impacts dans la communauté » (Gouvernement du Québec, 2006b, p.23) ou encore de « [permettre à l'élève] de poursuivre sa formation dans cette discipline au secondaire et aux ordres d'enseignement supérieurs, s'il le désire » (Gouvernement du Québec, 2004, p.282).

Également, il est possible que les enseignants choisissent de privilégier la voie de l'intégration, et ce, en évoquant des motifs d'ordre affectif tels que la stimulation de l'intérêt et de l'engagement des élèves (VanTassel-Baska & Little, 2011; Venville, 2015). L'intérêt est un concept limitrophe à ceux d'attitude et de motivation. Toutefois, il se distingue de ces derniers notamment en raison du fait que l'intérêt est « spécifique », c'est-à-dire qu'il est nécessairement lié à une chose en particulier (Gardner, 1996; Hasni et al., 2015). L'intérêt décrit donc une relation avec un objet, en l'occurrence ici celui des ST. Hasni et al. (2015, p.12) précisent que cet intérêt peut être varié, en ce sens que cela peut toucher une discipline (*p.ex.* physique) ou un contenu (*p.ex.* l'optique) particulier, une opération ou un objet concret (*p.ex.* la manipulation en laboratoire) ou encore une activité scientifique abstraite (*p.ex.* analyser et interpréter des données) (Krapp, 2007; Krapp & Prenzel, 2011). Hasni et al. (2015) expliquent que la prémisse mise de l'avant par les différentes recherches est, en substance, qu'un intérêt fort à l'égard des ST serait favorable

³⁷ Il faut rappeler qu'historiquement le mouvement de l'intégration en ST s'est, entre autres, érigé en réaction à un enseignement des ST qui se voulait trop « élitiste », c'est-à-dire qui s'adressait à la tranche d'élèves se destinant à être formés et à travailler en sciences (Giordan, 2010; Gouvernement du Québec, 1982a, 1998).

à l'« engagement des élèves dans les tâches [de ST] et les études scientifiques » (p.6). Cette reconnaissance du rôle de l'intérêt en ST est exprimée de manière évidente dans les écrits ministériels :

Le développement de l'intérêt pour la science et la technologie peut être suscité de différentes façons, que l'école a la responsabilité d'exploiter. Cette dernière est appelée à jouer un rôle charnière pour amener les jeunes à acquérir une culture scientifique et technologique qui favorise leur intégration à la société. (Gouvernement du Québec, 2004, p.268)

Quant à la capacité de l'intégration en ST à agir positivement sur l'intérêt des élèves, certaines variables scolaires telles que les méthodes d'enseignement préconisées en intégration y sont favorables. La revue systématique de littérature portant sur l'intérêt des élèves à l'égard des ST effectuée par Potvin et Hasni (2014) permet de mettre en lumière l'apport positif de démarches telles que la contextualisation des apprentissages³⁸, le travail collaboratif³⁹ et l'investigation ou la résolution de problèmes sur l'intérêt des élèves (Hasni et al., 2015). Ces dernières approches d'enseignement sont souvent identifiées comme des méthodes propices à l'opérationnalisation de l'intégration (Bryan et al., 2015; Rennie, Wallace, et al., 2012). Bryan et al. (2015) esquissent une explication quant à l'effet du mélange particulier de ces méthodes en contexte d'intégration, plus spécifiquement sur la motivation et l'engagement des élèves en ST :

Les problèmes du monde réel impliquent les élèves dans des questions qui sont importantes dans la vie de tous les jours et qui ont une pertinence plus personnelle et/ou sociale. De plus, le travail d'équipe impliqué dans la résolution de problèmes ou de tâches réels offre des occasions de comprendre la nature interdisciplinaire des STIM grâce à des expériences riches, engageantes et motivantes qui nécessitent des équipes d'élèves pour les résoudre. (Traduction libre, p.25)

Enfin, la capacité des élèves à faire des liens parmi les disciplines scientifiques et technologiques s'avère une visée évoquée de l'intégration en ST. Rappelons que la connaissance des interrelations et de l'apport de chaque discipline est une condition *sine qua non* pour une opérationnalisation qui permet une éducation aux sciences et à la technologie hybride (Jones, 2012; Jones & Bunting, 2013, 2015). Cette idée

³⁸ Démarche permettant d'explicitier « les liens avec la vie et la réalité telle qu'elles existent à l'extérieur de l'école, en faisant appel à diverses problématiques qui touchent les individus et la société (santé, nutrition, actualité, débats sur des enjeux qui interpellent les ST, etc.) » (Hasni et al., 2015, p. 7).

³⁹ « Habituellement, l'apprentissage collaboratif désigne des apprenants qui interagissent et travaillent ensemble pour faciliter l'acquisition ou la résolution, en partageant parfois leurs expériences et leurs connaissances, et où les individus dépendent les uns des autres et sont responsables les uns envers les autres » (Potvin & Hasni, 2014, p. 20).

semble d'ailleurs bien mise de l'avant dans les initiatives d'intégration découlant des mouvements STIM (Bryan et al., 2015) et STS (Pedretti & Nazir, 2011, 2015). À titre d'exemple, Pedretti et Nazir, (2015) développent le fait que le mouvement d'éducation STS supporte macroscopiquement « une vaste gamme de théorisations sur les connexions entre science, technologie, société et environnement » (p.932). Dans la même veine, Honey et al. (2014) sont d'avis que cette visée sous-tend plusieurs initiatives d'intégration et peut, par conséquent, prendre des formes variées. Cela peut être du fait d'une activité de design technologique permettant l'application de savoirs provenant de différentes disciplines telles que les mathématiques ou les sciences. Il peut s'agir également de l'exploration d'un concept qui possède différents sens ou applications dans des contextes disciplinaires différents. Par exemple, le concept de système peut être examiné d'un point de vue lié à l'électricité (système électrique), à l'écologie (écosystème), la physiologie (systèmes corporels), en ingénierie (systèmes mécaniques), en mathématiques (systèmes mathématiques ou d'équations), etc (Honey et al., 2014). Des concepts tels que celui d'énergie, de force, de propriété, de transformation et de matière constituent d'autres bonnes instanciations qui pourraient être abordées de cette manière. Cela peut aussi être une combinaison de pratiques provenant de disciplines différentes, telles que l'expérimentation et le design technologique, pour résoudre un problème ou compléter un projet. À nos yeux, il est tout à fait pensable et plausible que des situations d'apprentissage s'articulant de la sorte puissent être générées en milieu scolaire et permettent une opérationnalisation adéquate de l'intégration prenant racine dans les actuels programmes d'enseignement.

Visées pour les enseignants

Honey et al. (2014) mentionnent que les initiatives d'intégration en ST peuvent, parfois, amorcer un processus de développement professionnel chez les enseignants de ST, et ce, notamment sur les plans de la connaissance des contenus (*content knowledge*) et des savoirs pédagogiques liés à ces derniers contenus (*Pedagogical content knowledge* [PCK]). Succinctement, la connaissance des contenus réfère à l'ensemble des savoirs disciplinaires (*p.ex.* faits, concepts, règle, principe, etc.), à l'organisation de ces savoirs et aussi aux mécanismes épistémologiques permettant de réguler la production de ces savoirs (Shulman, 1987). Le PCK, quant à lui, renvoie à la connaissance des contenus en fonction de leur enseignement, c'est-à-dire les savoirs qui permettent à l'enseignant de rendre des notions disciplinaires intelligibles pour les élèves (Shulman, 1987). Cela se traduit plus formellement par des savoirs qui concernent, à titre d'exemple, l'ajustement de la formulation d'explication quant à l'apprentissage de

certaines notions, la considération de conceptions naïves propres à certains concepts, la connaissance de stratégies permettant de bien faire comprendre un concept à un élève (*p.ex.* conditions de changement conceptuel, techniques de questionnement ou de rétroaction, etc.), un répertoire d'anecdotes ou d'exemples qui sert à éclaircir certaines notions, etc. Dès lors, un développement professionnel portant sur ces registres de savoir est envisageable, mais cela devrait être conditionnel à l'inscription dudit processus dans des contextes particuliers. En effet, bien qu'il soit tout à fait possible qu'un enseignant s'engage dans une démarche individuelle de développement professionnel⁴⁰, il serait plus probable et aussi plus souhaitable que celle-ci soit plutôt une entreprise collective. L'accompagnement d'un enseignant offert par un conseiller pédagogique, la participation de ce dernier à un projet de recherche-action ou encore à une communauté d'apprentissage professionnelle portant sur la mise en œuvre d'un projet d'intégration en ST sont des contextes qui traduisent bien cette condition et qui réfèrent à une dimension collective du développement professionnel. À titre d'exemple, la mise en œuvre d'un projet de robotique pédagogique dans une école peut nécessiter une mise à niveau des enseignants de ST en place, notamment sur le volet programmation (connaissance des contenus) ainsi que sur les méthodes pédagogiques les mieux adaptées pour enseigner ce contenu (PCK)⁴¹.

2.1.4.2 Les extrants de l'intégration en ST

Les extrants de l'intégration en ST s'apparentent aux visées définies dans la section précédente. En fait, Honey et al. (2014) font remarquer que le succès d'une intervention intégrée repose sur la capacité de ces dispositifs à atteindre les visées qui ont été fixées *a priori*; lorsque cette démonstration peut être faite de manière formelle et fiable, il est dès lors question d'« extrants ». Globalement, huit extrants potentiels sont proposés au sein de la littérature concernant l'intégration en ST et peuvent, à l'instar des visées, être regroupés selon qu'ils réfèrent à l'élève ou à l'enseignant. Les extrants pour les élèves sont les suivants : l'apprentissage et la réussite des élèves, le développement des compétences du 21e siècle, l'employabilité

⁴⁰ Cette réflexion s'appuie plus spécifiquement sur les constats dégagés en section 1.3 *Enjeux de l'intégration des sciences et de la technologie en enseignement* qui ont mis en lumière le peu de mobilisation de l'intégration en ST dans le paysage éducatif contemporain, situation notamment attribuable aux nombreux ratés des formations initiale et continue et aussi, selon notre expérience, au manque d'intérêt d'enseignants envers certains contenus liés à la technologie. Dès lors, il est manifeste que le développement professionnel, qui aurait dû être entrepris, à la suite de la réforme des années 2000, s'est jusqu'à maintenant appuyé à outrance sur la dimension individuelle de ce processus et insuffisamment sur la dimension collective, c'est-à-dire mettant en place un certain « suivi » ou « accompagnement » des enseignants (Savoie-Zajc, 2010; SIPE, 2015).

⁴¹ Voir le cas du laboratoire de robotique MRUA — Section 4.1.4.2 Les supports à l'enseignement.

en ST, le choix de cours ST, la persévérance scolaire et le taux de diplomation, l'intérêt lié aux ST, le développement d'une identité relative aux ST de même que la capacité des élèves à faire des liens entre les disciplines reliées aux ST. Quant aux extrants propres aux enseignants, ceux-ci concernent le changement de pratique ainsi que l'enrichissement du PCK et de la connaissance des contenus.

Cependant, au-delà de la reconnaissance de ces derniers extrants, il importe de mentionner que ce volet du cadre n'a pu être pris en charge dans la présente étude, et ce, notamment en raison de deux motifs. D'abord, il faut considérer la problématique que représente la mise en œuvre des différents dispositifs méthodologiques qui seraient nécessaires pour en effectuer la description ou la mesure. Honey et al. (2014) reconnaissent la difficulté voire l'impossibilité de mesurer bon nombre d'entre elles. La culture scientifique et technologique est un de ces items constituant un défi méthodologique considérable, notamment en raison des définitions nombreuses et des multiples aspects qu'il faut arriver à capter et analyser. D'autres items tels que les compétences du 21^e siècle ou la capacité des élèves à faire des liens entre les disciplines reliées aux ST sont des objets possédant une relativement jeune tradition de recherche et pour lesquels peu voire parfois aucun outil méthodologique n'est disponible (Venville, 2015). Ce faisant, il apparaît difficile de décrire les effets de l'intégration en ST sur ces extrants potentiels, si aucun dispositif méthodologique ne permet de le faire de façon rigoureuse et scientifique. Évidemment, certains extrants tels que l'intérêt des élèves, le taux de diplomation, la réussite scolaire, le choix de cours ou de carrière sont des variables plus facilement mesurables ou appréciables. Toutefois, il importe de considérer l'angle de recherche que cette étude souhaite mettre de l'avant. En fait, cette recherche n'est pas une analyse de retombées ou d'impacts que peuvent engendrer les initiatives d'intégration. Dès lors, il serait superflu d'accorder une emphase trop importante à ces objets, alors que cette étude ne souhaite pas spécifiquement s'y intéresser.

Par ailleurs, les extrants qui se rattachent à l'enseignant seraient davantage propices dans un cadre de recherche portant sur l'ajustement ou la transformation des pratiques tel que la recherche-action (Lavoie et al., 1996). Or, étant donné que cette étude n'envisage pas de mettre en place de tels dispositifs, la considération de ceux-ci dans le présent cadre descriptif apparaît également superflue. En raison des différentes raisons qui viennent d'être évoquées, cette dimension du cadre ne sera pas prise en charge dans la présente recherche. Celle-ci pourra en revanche alimenter la discussion sur les avenues à considérer à l'issue des travaux de recherche de la présente thèse.

2.1.4.3 La nature et ampleur de l'intégration en ST

Cette dimension du cadre descriptif rend possible l'appréciation, comme son nom le suppose, de la nature et de l'ampleur de l'intégration en ST. Trois éléments en particulier permettent la description, soit le type de liens entre les ST, l'emphase disciplinaire de même que la durée, la dimension et la complexité de l'intervention intégrée.

Le premier item, le type de liens entre les ST, s'intéresse à la toile ou à la matrice de liens qui est créée par l'entremise de l'initiative d'intégration à l'étude. En fait, cet item cherche à répondre à la question suivante : quelle(s) combinaison(s) d'éléments conceptuels, techniques ou de démarches liés aux ST permet(tent) le maillage ou la connexion des disciplines ? Ainsi posées, plusieurs combinaisons sont en fait possibles. Honey et al. (2014) proposent trois types génériques de combinaison : 1 — Il pourrait s'agir de rattacher entre eux des concepts provenant de plus d'une discipline, 2 — de combiner un ou des concepts disciplinaires à une ou plusieurs démarches associées à une autre discipline ou 3 — encore de conjuguer des démarches provenant de disciplines différentes. Afin d'illustrer l'application de cette typologie, prenons pour exemple une activité d'apprentissage portant sur un déversement de produit acide dans le sol. Ce cas de figure pourrait permettre l'exploration du concept de pH (chimie) avec d'autres tels que celui d'écosystème (biologie) (type 1); pourrait permettre de combiner la modélisation mathématique (démarche mathématique) au concept de neutralisation acido-basique (chimie) (type 2); ou encore pourrait proposer une expérimentation telle qu'un titrage acido-basique (démarche scientifique) dont les résultats pourraient être appliqués à la conception d'un système technologique quelconque (démarche technologique) permettant d'agir lors de problèmes environnementaux similaires (type 3).

Toutefois, une identification des liens qui s'arrêterait à l'unique domaine des ST apparaît quelque peu lacunaire. En effet, bon nombre d'initiatives proposent également des liens avec d'autres disciplines des humanités pertinentes telles que l'économie, la géographie, l'histoire, etc. Celles ayant trait au mouvement STS ou encore aux « éducations à » en sont d'ailleurs de bons exemples (Albe, 2015; Boutet & Samson, 2010; Pedretti & Nazir, 2011; Zeidler, 2015; Zeidler et al., 2005). Cela a été évoqué, cela fait écho au développement d'une culture scientifique et technologique qui impose dorénavant que les élèves observent les enjeux impliquant les ST par une lunette « sociale » (Honey et al., 2014). Ce faisant, il importe qu'il y ait une prise en charge de ces considérations en incorporant dans la matrice des liens potentiels découlant des disciplines des humanités. De surcroît, la prise en charge de cet item nécessite quelques

adaptations afin d'être davantage compatible avec les impératifs liés aux programmes de ST. En effet, étant donné que les programmes actuels de ST ne sont plus découpés en fonction des disciplines traditionnelles, mais par le biais d'univers d'apprentissage, il serait aussi avantageux et opportun de dégager les liens entre les différents univers plutôt qu'entre les disciplines. De même, plusieurs démarches autres que l'investigation scientifique ou la conception technologique peuvent potentiellement être travaillées en ST. Sept démarches sont en fait proposées dans le PFEQ, soit les démarches de modélisation, d'observation, expérimentale, empirique, de construction d'opinion ainsi que les démarches technologiques de conception et d'analyse (Gouvernement du Québec, 2006b). Certaines démarches telles les démarches de conception (*design*) et d'analyse de même que les démarches d'observation, expérimentale et empirique sont respectivement associables aux domaines de la technologie et des sciences. Quant aux démarches de modélisation et de construction d'opinion, il s'avère que celles-ci soient d'une appartenance disciplinaire plus floue⁴² qui dépasse la dichotomie classique d'une activité qui est soit scientifique ou technologique. Il importe donc que le cadre descriptif tienne compte de l'ensemble de ces démarches en sciences ou en technologie de même que des liens avec les disciplines des humanités afin de décrire avec en détail l'arrimage fait entre les disciplines à l'intérieur des initiatives d'intégration à l'étude.

Le second item de cette rubrique concerne l'emphase disciplinaire. En fait, il s'agit le cas échéant de dégager la discipline qui joue un rôle pivot ou une position dominante dans l'initiative d'intégration (Honey et al., 2014). Tel que discuté précédemment, il est commun qu'une discipline soit plus saillante que d'autres dans les initiatives d'intégration; les disciplines subsidiaires servant de tremplin à l'apprentissage de concept dans cette première discipline. Buntting et Jones (2009); Jones (2012); Jones et Buntting (2015) ont observé, à titre d'exemple, que la technologie servait fréquemment de contexte à l'enseignement et l'apprentissage de notions scientifiques. Dans la même veine, il est également commun que soient utilisés

⁴² Par exemple, « la démarche de modélisation consiste à construire une représentation destinée à concrétiser une situation abstraite, difficilement accessible ou carrément invisible. Le modèle élaboré peut prendre diverses formes : texte, dessin, formule mathématique, équation chimique, programme informatique ou maquette » (Gouvernement du Québec, 2006b, p. 43). Dès lors, il est fort difficile de classer cette démarche dans l'une ou l'autre de ces boîtes, car celle-ci peut emprunter des savoirs scientifiques, technologiques ou mathématiques pour construire le modèle. Dans la même veine, la démarche de construction d'opinion peut servir à « construire une opinion et à bâtir une argumentation relative à une problématique scientifique ou technologique » (*ibid.*, p.44). Il s'agit donc dans ces situations de disséquer les savoirs invoqués pour élaborer le modèle ou la construction d'opinion.

des concepts mathématiques pour approfondir des apprentissages ciblés en sciences (*p.ex.* utilisation d'équations quadratiques pour résoudre des problèmes en physique de mouvement rectiligne uniformément accéléré) ou en technologie (*p.ex.* appliquer des savoirs liés aux propriétés des formes géométriques à la conception d'un artefact technologique). Il ne s'agit pas ici de discuter du bienfondé⁴³ d'une telle articulation, mais simplement repérer si une telle emphase est présente dans les initiatives d'intégration.

Enfin, les initiatives d'intégration en ST peuvent aussi être déclinées en fonction de variables telles que la durée, la dimension et la complexité de l'intervention intégrée (Honey et al., 2014). En fait, Rennie, Venville, et al. (2012 a) sont d'avis que ces paramètres sont des éléments clés, voire essentiels à la mise en œuvre de l'intégration, car les enseignants sont en général très sensibles à ce genre d'enjeux pragmatiques qui questionnent davantage le « comment » peut se vivre ce genre de situation. La durée et la dimension sont généralement directement proportionnelles dans la mesure où plus la dimension d'une initiative est grande, c'est-à-dire plus elle concerne de partenaires, plus le temps qui lui sera accordé sera important. Par exemple, un projet d'intégration porté par une école entière sera du ressort de plusieurs matières, potentiellement à l'intérieur de plusieurs périodes de chacun des cours; la durée sera dès lors proportionnelle à la dimension.

Quant à la complexité, celle-ci a trait à l'importance relative de l'initiative d'intégration par rapport à l'ensemble des activités d'apprentissage du même ordre. Quelques questions peuvent aiguiller la définition de la complexité : l'initiative est-elle une singularité (c.-à-d. hors de la routine de classe) dans les activités d'apprentissage ou s'avère-t-elle plutôt quelque chose de commun ? L'initiative est-elle portée par plusieurs matières? L'initiative nécessite-t-elle des moments hors du temps de classe? L'initiative nécessite-t-elle d'aller hors du contexte formel de classe? Les réponses à ces questions induisent une modulation du niveau de complexité. En effet, Rennie et al (2012 a) ainsi que d'autres (Asghar et al., 2012; Wang et al., 2011) mentionnent à cet égard que certaines variables telles que le nombre de partenaires/acteurs/enseignants ou le nombre de disciplines qui sont à intégrer, influent sur

⁴³ Bunting et Jones (2009); Jones (2012); Jones et Bunting (2015) ont particulièrement bien développé l'idée qu'un arrimage « déséquilibré » peut potentiellement engendrer un effet délétère pour l'ensemble des disciplines impliquées, et non pas uniquement à celle qui est « dominée ». Nous ajouterons que l'effet délétère est sans doute dû à la présence systématique de ce déséquilibre ou, en d'autres termes, si l'emphase est systématiquement le même à l'intérieur de l'ensemble des activités d'enseignement.

l'environnement d'apprentissage à échafauder, ce qui peut avoir un impact favorable ou non sur le succès des activités d'intégration.

Enfin, pour Honey et al. (2014), il est certain que la nature et l'ampleur de l'intégration en ST agissent sur l'opérationnalisation des initiatives qui en découlent. Ce faisant, il s'avère souhaitable de mieux définir les balises de mise en œuvre de l'intégration, ce que la prochaine et dernière section de ce cadre descriptif s'attarde à réaliser.

2.1.4.4 Opérationnalisation de l'intégration en ST (les approches pédagogiques)

L'opérationnalisation de l'intégration en ST se décline en trois facteurs, soit les supports à l'enseignement, les modifications ou les ajustements à l'environnement d'apprentissage de même que le design éducatif.

Le premier et le second item réfèrent respectivement aux occasions de transformation de pratiques en lien avec la connaissance des contenus ou du PCK (*p.ex.* formations initiales et continues, communauté d'apprentissage, etc.) et aux changements qui seraient nécessaires pour opérationnaliser des initiatives d'intégration (*p.ex.* planifier du temps supplémentaire de travail en classe, enseigner en équipe (*team teaching*), etc.). La plupart de ces éléments font écho à des éléments explicités en section 1.4 du chapitre de problématique qui mettait en exergue différents enjeux pratiques pour la mise en œuvre de l'intégration des ST en classe de ST.

Le dernier facteur (le design éducatif), sans doute le plus important, réfère aux approches pédagogiques utilisées pour concevoir les situations d'apprentissage intégrées. À cet égard, Honey et al. (2014) désignent deux approches particulièrement exploitées dans les différentes initiatives d'intégration, soit l'approche de design et l'approche par problème, ce que d'autres chercheurs observent également (Bryan et al., 2015; Pedretti & Nazir, 2011; Rennie, Venville, et al., 2012 a; Roth, 2001; Sanders, 2009; Sherman et al., 2009; Venville, 2012, 2015; Venville et al., 2012). Des chercheurs (Bryan et al., 2015; Felton et al., 2013; Rennie, Wallace, et al., 2012; Sanders & Wells, 2010) évoquent également l'utilisation d'autres approches pédagogiques qu'ils considèrent tout aussi compatibles avec l'intégration en ST, soit l'approche thématique, l'approche par projet de même que l'approche communautaire. Afin de bien comprendre pourquoi ces approches semblent propices à la mise en pratique de l'intégration, il convient d'explicitier

chacune d'entre-elles, notamment les définitions, la mécanique de fonctionnement de même que, le cas échéant, les liens aux programmes et plus largement à l'intégration.

Approche de design (design-based learning or approach)

Lorsqu'exploitée en contexte d'intégration en ST, la démarche de design ou de conception est une voie que de nombreuses initiatives éducatives privilégient (Bryan et al., 2015; Honey et al., 2014; Pedretti & Nazir, 2011; Roth, 2001; Roth et al., 2001; Sanders, 2009). Parmi leurs principales conclusions, Rennie, Venville, et al. (2012 a) indiquent que les projets technologiques de type *design* ont été retenues par la plupart des initiatives qu'ils ont eu la possibilité d'étudier, et ce, étonnamment même si ce dernier contenu ne s'avérait pas formellement inscrit au curriculum. Cela témoigne de l'affinité naturelle et de la grande potentialité de cette approche pour concrétiser l'intégration des ST en contexte scolaire.

Afin de bien saisir les tenants et aboutissants en jeu, il importe de distinguer d'abord ce qu'est en fait le design. À cet égard, une distinction sémantique entre « un » design et « le » design s'avère incontournable. En fait, *un* concept ou *un* design constitue une représentation d'un produit attendu tel qu'un bâtiment, une machine ou encore une publicité (Williams et al., 2012); le produit attendu est donc communiqué aux autres à travers un médium privilégié qui peut, à titre d'exemple, être une esquisse, un diagramme, un dessin technique, un modèle ou un prototype. *Le* design, pour sa part, fait référence à la démarche utilisée pour produire cette représentation. De manière plus formelle, il s'agit d'une

[...] démarche nécessitant l'agencement de processus réflexifs permettant de produire un concept ou un design. Elle fait appel à des activités telles que l'élaboration d'esquisses ou de croquis, la modélisation, l'essai et l'erreur, l'expérimentation, etc.; [ces] activités supportent les processus réflexifs qui sont essentiels et centraux à n'importe quelle démarche de design. (Williams et al., 2012, p.93, Traduction libre).

Roth (2001); Roth et al. (2001) ajoutent que le design est une démarche itérative, en ce sens que se succèdent des cycles d'évaluation et de conception⁴⁴, et ce, jusqu'à ce que l'artéfact à développer soit parachevé. Le concept de design interpelle également celui de créativité et, par le fait même, celui d'innovation (Williams et al., 2012). En fait, il y a autant de processus de design qu'il a de champs d'application (*p.ex.* architecture, ingénierie, publicité, etc.) Sur le plan des différences, ces processus sont caractérisés par une modulation de la rationalité et de la créativité qui s'incarne plus particulièrement dans la sélection, plus ou moins grande, de savoirs scientifiques et technologiques pour éclairer la

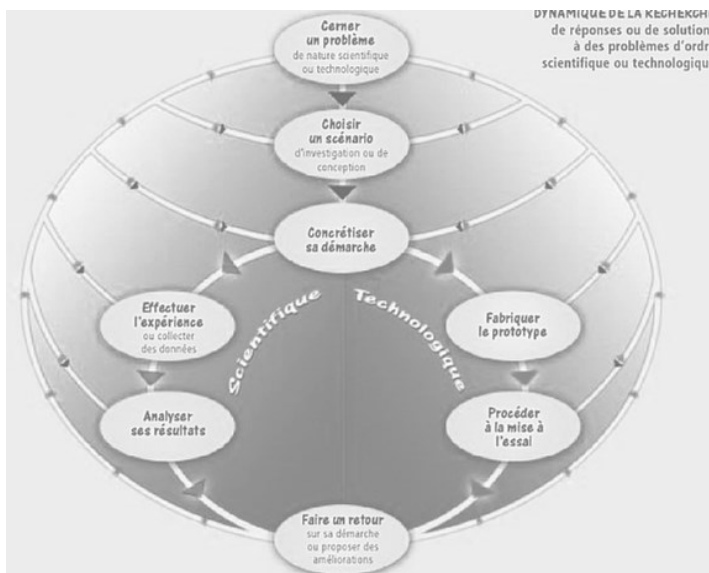


Figure 2.6 — Schématisation des démarches de conception technologique et d'investigation scientifique proposée par les programmes de ST (Gouvernement du Québec, 2004)

conception (*p.ex.* qui est élevée pour un ingénieur et qui l'est beaucoup moins pour le publicitaire). À l'instar de son champ disciplinaire d'attache, soit la technologie⁴⁵, cette démarche possède également un caractère social fort étant donné qu'elle est réalisée généralement par une équipe de concepteurs communiquant entre eux ainsi qu'avec les futurs utilisateurs de l'artéfact développé (Mitcham, 1994). Aussi, le design engendre, par voie de corolaire, d'inévitables répercussions sociales puisque les milieux dans lesquels sont parachutés les artéfacts sont inexorablement perturbés par ceux-ci. Par exemple, lors

⁴⁴ Autrement appelée étapes de « prototypage » par Williams et al. (2012)

⁴⁵ Pour Williams et al. (2012), le lien entre le design et la technologie est symbiotique dans la mesure où « le design procure des technologies qui sont utilisées dans la société, mais utilise aussi des technologies pour créer de nouveaux designs » (Traduction libre, p. 92).

de la conception d'un artéfact tel que l'automobile, il est assez difficile d'ignorer les valeurs environnementales, sociales ou économiques liées à l'utilisation de ce système technologique.

La démarche de design comporte plusieurs phases ou étapes qui s'opérationnalisent de manière non séquentielle. Pour Williams et al. (2012), un consensus se dégage des différentes propositions de démarche, notamment à l'effet que le design : 1 — définit un problème ou un besoin, 2 — investigate les circonstances entourant le problème, 3 — imagine une solution potentielle, 4 — planifie la solution sous forme de modèle ou de prototype, 5 — concrétise la solution, révélant certaines contraintes ou limitations, 6 — évalue le produit final, menant potentiellement à des cycles de révision. La figure 8 permet de rendre compte de la familiarité de ces étapes avec celles qui sont proposées par le Programme de formation de l'école québécoise [PFEQ] (Gouvernement du Québec, 2004). Concrètement, l'opérationnalisation de cette démarche se conjugue au développement de la CD1 *Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique*, dont les composantes permettent d'en saisir les différentes étapes. La CD1 comporte quatre composantes, soit 1 — cerner un problème, 2 — choisir un scénario de conception, 3 — concrétiser sa démarche et 4 — analyser sa solution. Ces composantes se rattachent aux différentes étapes de la démarche de conception technologique (composante 1 : *Étape cerner un problème de nature technologique*; composante 2 : *Étape choisir un scénario de conception*; composante 3 : *Étapes concrétiser sa démarche et fabriquer le prototype*; composante 4 : *Étapes Procéder à la mise à l'essai et Faire un retour*). Le PFEQ est donc explicite quant au maillage entre lesdites composantes et la démarche de conception technologique. Son déploiement en contexte d'apprentissage est davantage envisagé sous un angle de « résolution de problème » (Gouvernement du Québec, 2004).

Par ailleurs, le PFEQ introduit la notion de cahier de charges, un outil fort commun dans les initiatives de design. En substance, un cahier de charges « est un recueil où l'on retrouve la fonction recherchée de même que les exigences et les contraintes liées à la conception et à l'utilisation de l'objet technique » (Gouvernement du Québec, 2004, p.275). Il s'agit en quelque sorte d'un contrat liant le ou les concepteurs à la personne définissant le besoin et les contraintes qui avec lesquelles il sera nécessaire de composer lors de la démarche de conception. Afin de bien illustrer la chose et aussi pour mieux comprendre l'emploi de la démarche de design en contexte d'intégration des ST, Venville (2012) propose une analyse d'une situation d'apprentissage portant sur le design d'un pont. Dans cette situation, les élèves devaient former des équipes; chaque équipe constituait une « compagnie de construction » à qui l'on assignait le mandat

de compléter la construction d'un pont inachevée par une autre compagnie (contexte réel). À cette fin, on remettait un cahier de charges aux équipes qui incluait différentes contraintes de construction telles que la longueur du pont, la charge maximale à supporter de même que la déviation maximale pouvant être engendrée par la charge, des restrictions budgétaires, etc. L'équipe gagnante devait présenter le projet de pont ayant le meilleur ratio résistance/masse, celui le plus esthétique de même que celui présentant le coût de construction le plus faible (critères d'appréciation). Chemin faisant, le processus d'enseignement-apprentissage a permis l'exploration de concepts ou de démarches scientifiques (*p.ex.* concept de forces, démarche d'expérimentation), technologiques (*p.ex.* contraintes mécaniques, matériaux, propriétés de matériaux, structures [types de poutre], types de pont, démarche de construction, etc.), mathématiques (*p.ex.* calcul de ratio, calcul d'un budget, produit croisé (coût), etc.), et historiques (*p.ex.* histoire des ponts) appliqués au contexte de départ. Venville (2012) soutient que cette situation a aussi permis de travailler certaines conceptions naïves à l'égard, par exemple, du concept de force. En l'occurrence, il est commun que des élèves considèrent la résultante d'une force comme un mouvement (diSessa, 2006). Évidemment, cette conception « dynamique » du concept de force s'avère limitée, car un grand nombre d'applications de celui-ci n'engendrent pas de mouvement. Les forces qui agissent sur un pont en sont un bon exemple. Il s'agit dès lors d'un excellent contexte pour agir sur cette conception naïve répandue et bien ancrée. Tout bien considéré, il est de bon aloi de reconnaître que cette situation est en adéquation avec les principes de l'intégration. En effet, celle-ci était centrée sur les élèves qui se sont investis dans une situation complexe (problème réel), ouverte (empruntant des voies différentes), qui fait intervenir des savoirs disciplinaires (savoirs scientifiques, technologiques, historiques et mathématiques) et des savoirs intégrés (*p.ex.* collaboration, entrepreneuriat, résolution de problème, le transfert des apprentissages, créativité, analyse de coût/bénéfice, etc.).

Approche par problème (problem-based approach/learning)

L'approche par problème est une démarche bien connue en éducation aux sciences. Celle-ci est en fait une démarche analogue à celle du design technologique, ayant toutes deux comme point focal la résolution de problème. Elle s'en distingue, notamment par la définition même des problèmes qui, dans cette nouvelle approche, sied davantage à l'activité scientifique (Felton et al., 2013). D'ailleurs, différents termes sont également utilisés au sein de la littérature pour décrire l'emploi de cette approche en intégration des ST (Honey et al., 2014). Il y est question d'approche/apprentissage par problèmes authentiques (*authentic problem-solving approach/learning*) ou réels (*real-world problem-solving approach/learning*), et

d'approche basée sur l'investigation (*inquiry-based approach/learning*). Celle-ci est aussi à distinguer des activités de type « laboratoire » (*hands-on activities*) qui réfèrent plutôt au déploiement par les élèves de manipulations simples, réalisées de manière générique, afin de produire un résultat prédéterminé (Felton et al., 2013; Hasni et al., 2015; Millar, 2010). Cette distinction est importante, car il semble que le niveau de réflexion impliqué dans l'apprentissage par problème (niveau élevé) ne serait pas du même ordre que celui associé aux activités de type laboratoire (niveau plus faible). Ce faisant, un effet positif sur l'intérêt des élèves à l'égard des ST serait observé pour la première intervention alors qu'aucun effet du même ordre n'est mesuré pour les activités de laboratoire (Potvin & Hasni, 2014).

Honey et al. (2014) définissent l'approche par problème comme « une stratégie encourageant les élèves à être des apprenants actifs en les engageant dans des problèmes plus ou moins structurés, qui ressemblent aux situations qu'ils peuvent rencontrer dans leur vie et pour lesquels plusieurs solutions sont possibles » (Traduction libre, p.44). Cette description est congruente avec d'autres définitions proposées au sein de la littérature (Voir par exemple Pepper, 2015). Hill et Smith (2005) proposent, quant à eux, une définition de l'apprentissage par problème qu'ils considèrent comme une « utilisation de problèmes réels pour engager les élèves dans une démarche de résolution de problème et dans l'acquisition de savoirs et d'habiletés disciplinaires » (Traduction libre, p.139). Les caractéristiques fondamentales de cette approche sont les suivantes : activité centrée sur l'élève, fonctionnement en petits groupes de travail, enseignants agissant comme des facilitateurs ou des guides, problèmes (authentiques) à la fois le point focal et le stimulus de l'apprentissage, et acquisition autogérée de nouvelles informations (Gijbels, 2003; Honey et al., 2014). Pepper (2015) retient que ces caractéristiques sont en phase avec les connaissances actuelles en matière d'apprentissage et permettent de rencontrer certains de ces critères tels que le fait que les apprentissages doivent être construits, effectués de manière autonome, collaborative et contextualisée. Un aspect central de cette intervention est aussi sa nécessaire articulation autour d'un problème. Pepper (2015) spécifie à cet égard que « le problème implique souvent une collaboration entre disciplines, de sorte que les élèves doivent s'appuyer sur les connaissances actuelles pour synthétiser puis intégrer de nouvelles informations » (Traduction libre, p.795), ce qui s'aligne au déploiement de l'intégration. Pepper (2015) ajoute également que

l'apprentissage par problème inclue généralement une part de travail d'équipe, qui se voit devenir un apprentissage formel en soi.

Pour Barell (2007) et Venville (2015), l'approche par problème se veut un vase communicant avec la démarche d'investigation scientifique qui est une partie intégrante de l'activité scientifique. En fait, l'investigation est une pratique relativement bien connue. Il existe une littérature assez fertile à son sujet qui la présente comme une pratique au cœur de l'activité scientifique (NRC, 2012b). Linn et al. (2004) offrent une définition de celle-ci qui est couramment citée au sein de la littérature :

Une investigation est un processus intentionnel de diagnostic des problèmes, de critique des expériences réalisées, de distinction entre les alternatives possibles, de planification des recherches, de recherche d'hypothèses, de recherche d'informations, de constructions de modèles, de débat avec des pairs et de formulation d'arguments cohérents. (Traduction libre, p.4)

Hmelo-Silver et al. (2007) supportent le fait que cette intervention est une approche qui a fait ses preuves dans la mesure où elle s'est montrée effective sur le plan de réussite scolaire; son effet serait aussi bien cumulatif (c.-à-d. plus d'investigation apporterait un meilleur gain) que durable. Le NRC (2000, p.25, Traduction libre) dégage cinq traits de l'approche par investigation qui interpelle la fonction de l'apprenant :

1. L'apprenant s'engage dans des questions à composition scientifique.
2. L'apprenant donne la priorité aux preuves pour répondre aux questions.
3. L'apprenant formule des explications à partir de preuves.
4. L'apprenant relie les explications aux connaissances scientifiques.
5. L'apprenant communique et justifie les explications.

Étant une activité fondamentalement centrée sur l'élève et nécessitant un engagement actif de la part des apprenants, le rôle de l'enseignant à l'intérieur de cette approche s'apparente à celle d'un guide ou de facilitateur de l'apprentissage et l'engagement, évitant de trop diriger le processus en cours (Eberbach & Hmelo-Silver, 2015).

Cette démarche est particulièrement bien définie par le PFEQ (voir Figure 2.6 —). De manière concrète, la mise en œuvre de cette démarche se conjugue au développement de la CD1 *Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique*, ce qui témoigne encore une fois de

sa réflexion comme une approche accompagnant la résolution de problème. Le PFEQ explicite davantage l'échafaudage entre l'opérationnalisation de cette démarche et les apprentissages entrepris par les élèves :

Lorsqu'il s'engage dans une démarche d'investigation scientifique, l'élève doit d'abord cerner un problème. Il lui faut donc chercher des indices significatifs et identifier les éléments pertinents qui définissent le problème. Cette démarche de questionnement est essentielle pour délimiter un cadre d'expérimentation ou d'exploration permettant de concevoir des scénarios d'investigation. C'est par la collecte de données et le traitement rigoureux qu'il en fait que l'élève peut valider ses hypothèses et, si nécessaire, redéfinir le problème, réajuster sa démarche et formuler de nouvelles questions. (Gouvernement du Québec, 2004, p.277).

Le lien à l'intégration est particulièrement manifeste. En effet, à l'intérieur de situations d'intégration en ST faisant appel à cette démarche, il est commun que les élèves doivent entreprendre une investigation afin de répondre à leur question de recherche (Venville, 2015). Pour Melville (2015), « les sciences offrent des possibilités d'apprendre à la fois les concepts disciplinaires fondamentaux et d'autres qui transcendent les frontières disciplinaires » (p.508), ce qui évoque le double plan des apprentissages, essentiel en intégration. Pour Eberbach et Hmelo-Silver (2015), plusieurs points de convergence avec l'intégration sont possibles (*p.ex.* apprentissages centrés sur les élèves, l'emploi de contextes réels, la mise en relief de liens entre les sciences et la société, etc.) comme en témoigne ce passage :

Les élèves n'apprennent en profondeur que lorsqu'ils sont des agents actifs qui s'engagent dans la création de sens lorsqu'ils interagissent avec le monde. Des preuves substantielles suggèrent également qu'il est essentiel de situer l'apprentissage dans des contextes réels à l'intérieur desquels les apprenants conçoivent leurs recherches et participent à des pratiques scientifiques telles que l'observation, la représentation et l'explication, ainsi que les pratiques sociales de la science. (Traduction libre, p.514)

En guise de synthèse, les approches par problème ou par investigation siéent bien à l'intégration en ST, car elles partagent plusieurs caractéristiques. Parmi celles-ci, la contextualisation des apprentissages par des problèmes réels et pertinents aux yeux des élèves apparaît fondamentale. Pour incarner cette réalité, les problèmes sont travaillés collaborativement et sont généralement ouverts, ce qui permet d'y faire des apprentissages idiosyncratiques, ce qui est aussi du fief de l'intégration. Ainsi, tout porte à croire que ce genre de dispositif rend possible l'acquisition des savoirs intégrés tels que la résolution de problème, la collaboration et la communication.

L'approche par projet (project-based learning), l'approche thématique (thematic approach) et l'approche « communautaire » (community-based issue approach)

Le troisième profil fait référence à des approches qui s'entrelacent, soit l'approche par thème, par projet ou communautaire. Ces dernières approches gagnent en popularité pour le déploiement de l'intégration en ST (Bryan et al., 2015; Venville, 2015). Elles ne sont pas détachées des deux précédentes approches présentées, car elles mettent aussi un accent particulier à la résolution de problème (A. Williams et al., 2012). Hasni et Belletête (2017), évoquant à titre d'exemple la distinction entre l'approche par problème et l'approche par projet, soutiennent qu'« il peut être difficile de distinguer clairement ces deux approches puisqu'elles partagent certaines caractéristiques communes, comme le recours à un problème ouvert et contextualisé visant l'acquisition de savoirs et d'habiletés, la collaboration, la médiation de l'enseignant, l'engagement actif des élèves » (p.25). Cependant, elles s'en distinguent par le fait qu'elles ne se limitent pas à la résolution de problème et peuvent, par exemple, servir à éclairer un thème, une situation, un enjeu social ou communautaire de même qu'à œuvrer à la production d'un artéfact ou d'un produit final (Hasni & Belletête, 2017).

L'approche par thème consiste à choisir un thème d'intérêt autour duquel s'articulent les activités d'enseignement ou d'apprentissage. Le choix du thème peut être du ressort des élèves ou de l'enseignant. À titre d'exemple, des thèmes aussi variés que la malbouffe, les Jeux olympiques ou les dinosaures peuvent être travaillés. Une fois le thème à l'étude retenu, « l'enseignant planifie un certain nombre d'activités mobilisant des savoirs ou des habiletés provenant de différentes disciplines qui sont liés d'une quelconque manière au thème exploité » (Venville, 2015, p.523). *L'approche communautaire*, quant à elle, est une démarche à mi-chemin entre l'approche thématique et l'approche par projet dans la mesure où elle s'inspire de la marche à suivre de l'une ou de l'autre en fonction des contextes (*Ibid.*). La particularité de celle-ci est, comme son nom le suppose, sa nécessaire préoccupation à propos de problèmes/situations/enjeux qui prennent racine dans la communauté, conférant une certaine localité aux thèmes travaillés avec les élèves. Enfin, *l'approche par projet* tisse des liens avec les approches précédentes, notamment en raison du fait que les problèmes/situations/enjeux se rattachent généralement à des contextes locaux, la plupart du temps choisis par les élèves (Bryan et al., 2015). Proulx (2004) définit l'approche par projet comme :

un processus systématique d'acquisition et de transfert de connaissances au cours duquel l'apprenant anticipe, planifie et réalise, dans un temps déterminé, seul ou avec ses pairs et

sous la supervision d'un enseignant, une activité observable qui aboutit, dans un contexte pédagogique, en un produit fini évaluable. (p.31)

Legendre (2005) ajoute que « l'élève, seul effet élève » ou au sein d'un groupe, est amené à relever un défi, à exécuter une tâche ou à produire une réalisation, lesquelles activités sont autant de prétextes stimulants pour que l'élève atteigne minimalement un ensemble d'objectifs d'apprentissage » (p.117). Ces définitions mettent en exergue des caractéristiques importantes de l'approche par projet. La Figure 2.7 dégage les principales caractéristiques de ladite approche, et ce, en leur accordant une importance relative. D'abord, il est manifeste qu'un caractère distinctif de cette approche concerne son « extrant » qui doit aboutir à quelque chose de concret, à un produit final (*p.ex.* la construction d'une maquette ou la production d'un dépliant de sensibilisation). Cette production sert en fait de prétexte à l'apprentissage de nouvelles connaissances ou d'habiletés disciplinaires (Hasni & Belletête, 2017; Hasni et al., 2011; Proulx, 2004). Cette articulation des connaissances à l'intérieur d'un même projet rend signifiant les apprentissages aux yeux des élèves (Chamberland et al., 2007). Par ailleurs, la réalisation d'un produit provient généralement d'un problème ou d'une question formant un défi de départ, auquel cas il est possible d'engager les élèves dans des démarches y répondant (*p.ex.* démarches d'investigation ou de conception) (Hasni & Belletête, 2017; Legendre, 2005). Ensuite, il s'agit aussi d'une approche qui est centrée sur l'élève. Ce dernier est au cœur de ses apprentissages, occupant un rôle important en matière de planification et de réalisation des étapes du projet, ce qui peut impliquer des apprentissages intégrés tels que la collaboration, le travail en interdisciplinarité ou l'utilisation des TIC. Le lien entre ces approches avec l'intégration est évident. Celles-ci mettent l'emphase sur des expériences dirigées par l'élève au contact du monde réel, tout particulièrement avec la vie sociale de la communauté, plutôt qu'avec les contenus traditionnels des matières scolaires. Cette voie permet donc aux élèves d'acquérir les connaissances et compétences nécessaires à la participation à une vie féconde.

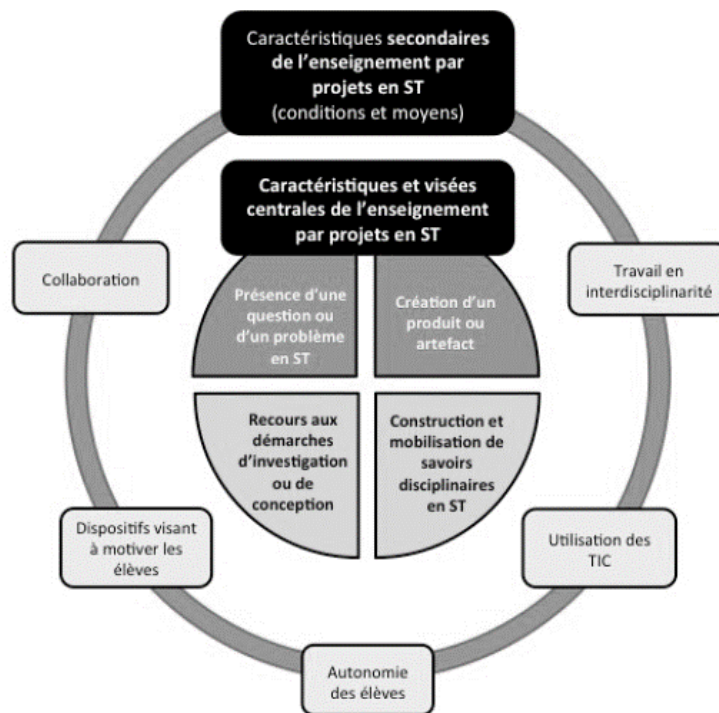


Figure 2.7 — Caractéristiques principales et secondaires de l'enseignement par projet en ST issues de Hasni et Belletête (2017)

Par ailleurs, par leur structuration autour de contextes, de thèmes ou de problèmes, ces interventions tendent à prendre une forme interdisciplinaire. Par exemple,

l'approche par projet requiert l'examen de plusieurs problèmes ou thèmes sociaux comme des « tous », en mettant à profit de l'information et des habiletés en provenance de plusieurs disciplines [...] le projet encourage les [élèves], de différents intérêts et habiletés, à travailler ensemble à la définition et à l'étude de problèmes communs, lesquels élèves forment alors une communauté démocratique en miniature. (Legendre, 2005, p.117).

Selon Chamberland et al. (2007), le principe moteur de cette approche serait en fait l'intégration de matières; cette intégration constitue la condition de base à la production d'une œuvre qui résulte de la démarche.

2.1.4.5 Cadre descriptif de l'intégration en ST : synthèse et actualisation

En guise de synthèse, cette portion du présent cadre conceptuel a permis d'explicitier le cadre descriptif par lequel ont été appréciées les initiatives d'intégration en ST dans le contexte de cette étude. Cette explicitation a permis tantôt de justifier la pertinence des différentes rubriques et des items sous-jacents

à la lumière des éléments de littérature consultée de même que des programmes de formation en ST, tantôt de proposer des adaptations/modifications à ce cadre afin d'être davantage en adéquation avec le devis de la présente étude et ses impératifs de mise en œuvre. Ainsi, trois⁴⁶ rubriques, soit [1] — les visées de l'intégration en ST, [2] — la nature et l'ampleur de l'intégration et [3] — l'opérationnalisation de l'intégration en ST, servent à la description des activités d'apprentissage intégrées.

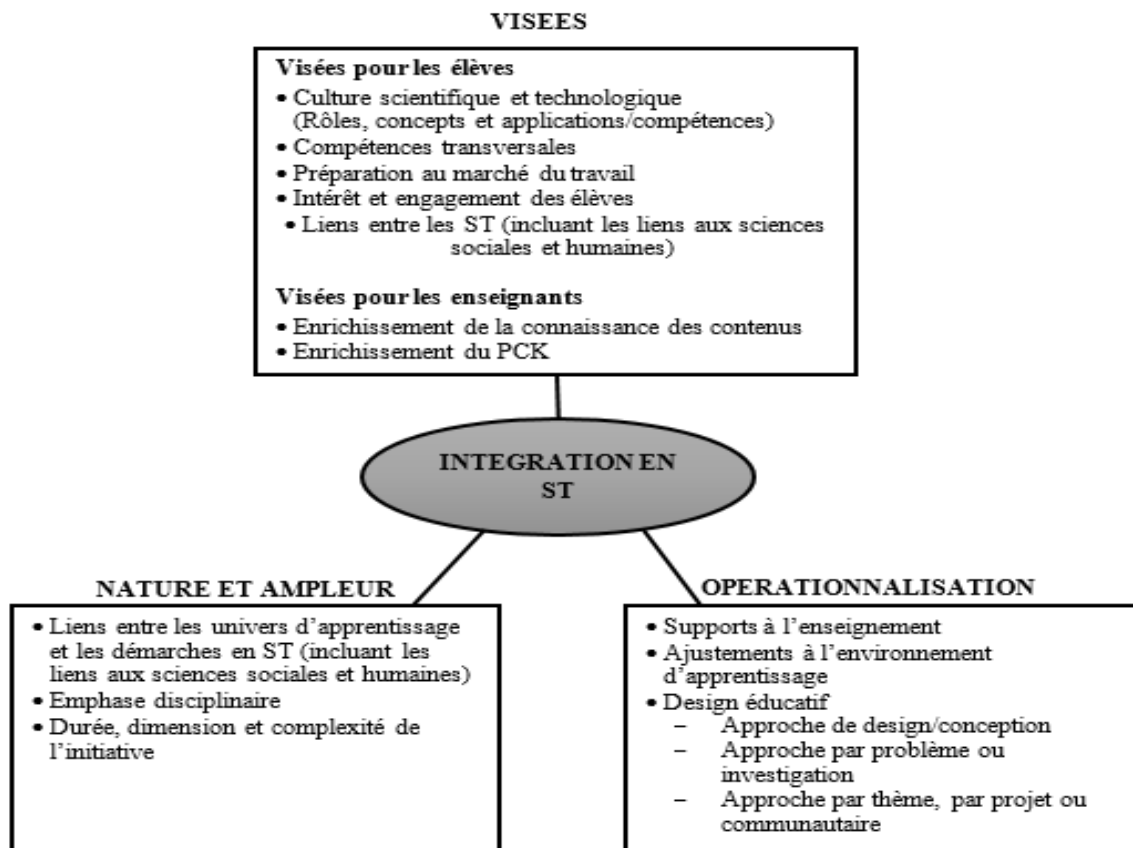


Figure 2.8 — Synthèse et actualisation du cadre descriptif issu de Honey et al. (2014)

De manière actualisée, les visées d'intégration pour les élèves concernent la culture scientifique et technologique, les compétences transversales, la préparation au marché du travail, l'intérêt et l'engagement des élèves, les habiletés à faire des liens parmi les disciplines scientifiques et technologiques (incluant les liens aux sciences humaines et sociales), alors que les visées pour les enseignants concernent l'enrichissement de la connaissance des contenus et du PCK. La nature et l'ampleur des initiatives

⁴⁶ La rubrique des « extrants de l'intégration en ST », ayant été jugée non applicable, est exclue du présent cadre de recherche.

d'intégration se déclinent en trois items : soit les liens entre les univers d'apprentissage et les démarches en ST, l'emphase disciplinaire de même que la durée, la dimension et la complexité de l'intervention. Enfin, l'opérationnalisation de l'intégration en ST est composée des éléments suivants, soit les supports à l'enseignement, les ajustements à l'environnement d'apprentissage de même que le design éducatif incluant les différentes approches pédagogiques. La figure ci-dessus présente une actualisation du cadre descriptif des initiatives d'intégration en ST et incorpore les diverses propositions d'adaptation qui ont été discutées précédemment.

En conclusion, les activités d'apprentissage intégrées analysées par la loupe de ce cadre descriptif constituent des artéfacts pédagogiques portés par les pratiques d'enseignement adoptées par les enseignants. En fait, pour Pedretti et al. (2005), « les enseignants disposent d'un lexique d'activités et de pratiques effectives à l'intérieur duquel ils puisent afin de créer des situations d'enseignement qui aident les apprenants à comprendre du contenu scientifique spécifique » (p.206-207). C'est précisément à la définition et à l'objectivation de ce répertoire de pratiques que se destine une portion de cette étude. Dès lors, il importe que le présent cadre conceptuel explicite davantage l'objet particulier des pratiques d'enseignement efficaces en ST.

2.1.5 Pratiques d'enseignement en sciences et technologie

Les pratiques d'enseignement qui soutiennent une intégration adéquate en ST présentent des perspectives de recherche intéressantes et susceptibles d'appuyer le changement scolaire souhaité. Cependant, bien qu'il existe un certain engouement quant à l'explicitation des « meilleures » pratiques d'enseignement (OCDE, 2015; SIPE, 2015), il n'en demeure pas moins difficile d'en fournir une définition formelle, notamment en raison de la relative et épineuse nature du concept (Charland et al., 2012; McComas, 2005; Roth, 1998). En effet, il s'agit pour le moins d'une entreprise périlleuse qui implique de trier le bon grain de l'ivraie en matière de pratique, c'est-à-dire de déterminer ce qui constitue un « bon » enseignement (Charland et al., 2012) ou en encore de connaître les « indicateurs de performance et d'efficacité des enseignants » (Lenoir & Vanhulle, 2006, p.204). La revue de littérature réalisée sous cet angle a permis de constater des difficultés plurielles à cette démarche.

Un premier niveau de difficulté provient de l'utilisation du mot « pratique » dans l'appellation même du concept. Ce dernier, hautement polysémique en science de l'éducation, entretient autour de lui un flou

conceptuel (Bressoux, 2001), qu'il importe de mettre à plat dans le cadre de ce projet. En l'occurrence, s'agit-il d'une pratique enseignante, d'une pratique d'enseignement, d'une pratique pédagogique, d'une pratique d'apprentissage, d'une pratique éducative ou d'une pratique professionnelle dont nous cherchons à connaître les traits constitutifs ? Il faut comprendre que chaque terme renvoie à un découpage différent des actions ou de l'agir des enseignants, ce qui aura inévitablement un impact sur la lunette par laquelle seront étudiées les pratiques. À titre provisoire, mentionnons que cette thèse privilégie l'utilisation du terme de « pratique d'enseignement »; celle-ci renvoie en substance à un ensemble d'activités qui s'organisent autour du temps de classe et en présence des élèves (Hasni et al., 2009). Ce choix de concept de même qu'une explicitation plus formelle de ce dernier est réalisée en section 2.2 du présent cadre conceptuel.

Le second registre de difficultés découle de l'hétérogénéité qui caractérise les pratiques d'enseignement de qualité (Berliner, 2004; Wilson & Mant, 2011b). Cette hétérogénéité touche aussi bien la terminologie employée pour y faire référence que les cadres par lesquels sont définis les critères d'appréciation. Abordons succinctement ces enjeux. D'abord, il existe une pléthore de termes, à la fois dans la littérature francophone et anglo-saxonne, gravitant autour de l'identification des bonnes ou des meilleures pratiques d'enseignement. À titre d'exemple, les termes de pratique d'enseignement efficace (*effective teaching*) (OCDE, 2014; SIPE, 2015), de pratique exemplaire (*exemplary practice*) (Garnett & Tobin, 1988; McComas, 1991, 2005; Tobin & Fraser, 1988, 1990; Tobin & Garnett, 1988; Tobin et al., 1988), de pratique gagnante (Dionne et al., 2017) ou de meilleure pratique (*best practice*) (de Vries et al., 2007), sont fréquemment observés au sein de la littérature. Ces termes font également l'objet de particularisation dans de nombreux champs disciplinaires, notamment en ST, comme le démontre l'emploi d'étiquettes telles que l'enseignement des sciences efficace (*effective science teaching*) (Hackling & Prain, 2005) ou exemplaire (*exemplary science teaching*) (Alsop, Bencze, et al., 2005), de science exemplaire (*exemplary science*) (Yager, 2009, 2012; Yager & Falk, 2008) ou d'enseignant de science exemplaire (*exemplary teacher of science*) (Wilson & Mant, 2011a, 2011b). Étonnamment, la plupart des auteurs qui emploient ces derniers termes le font, à tort ou à raison, sans circonscrire clairement ce qu'ils entendent par l'un ou par l'autre, sans les définir formellement (*p.ex.* Tobin et Fraser (1988, 1990)). Tout comme McComas (2005), nous formulons l'hypothèse que ceci peut être dû à la nature complexe de cette tâche qui semble relever de l'intuition plus souvent que de la rationalité. Néanmoins, considérant qu'il s'agit d'un élément central de cette thèse, il apparaît difficile d'en faire l'économie.

Ainsi, malgré l'abondance d'éléments terminologiques, il semble que ces étiquettes renvoient à peu près toutes aux notions sous-entendues d'*exemplarité* ou d'*efficacité*. Différents chercheurs (McComas, 2005; Roth, 1998; Talbot, 2012; Wallace, 2005) relèvent la difficulté de définir l'une ou de l'autre. McComas (2005) propose même une vision fusionnée de ces notions comme en témoigne ce passage :

Si l'on admet qu'il existe des procédures et des orientations plus efficaces que d'autres dans l'enseignement et l'apprentissage des sciences, on peut se sentir tout à fait justifié de qualifier de telles pratiques d'exemplaires. (Traduction libre, p.XIX)

Il est toutefois beaucoup plus commun que les ouvrages en fassent un traitement séparé. Le premier cas de figure, l'exemplarité, provient étymologiquement du latin *exemplaris* qui signifie « qui peut servir d'exemple ou de modèle » (Cresswell, 2010). Ainsi, qualifier une pratique d'exemplaire réfère donc à l'idée que cette pratique peut servir de modèle, d'exemple, de référence ou de repère. Le second cas de figure, l'efficacité ou être « efficace » (du latin *efficax*) réfère étymologiquement à « ce qui produit l'effet attendu [...] ou ce qui permet de parvenir à ses fins, d'atteindre ses objectifs tout en produisant un résultat » (Talbot, 2012, p.134). Il est dès lors estimé que le terme pratique d'enseignement « efficace » serait à privilégier dans le cadre de cette étude qui s'intéresse aux pratiques qui permettent une intégration effective en ST, donc qui implicitement interpelle l'idée « d'atteindre des objectifs » (liés à l'intégration) et « un certain résultat » (une mise en œuvre effective). De surcroît, que l'on utilise l'un ou l'autre de ces qualificatifs, il semble que cela réfère à des objets caractérisés par une certaine subjectivité. En réalité, que l'on cherche à sélectionner des « exemples » ou à déterminer ce qui « permet d'atteindre certains objectifs », ces activités impliquent forcément de choisir le « filtre » ou la « lunette » par laquelle il est choisi d'observer les pratiques d'enseignement. Afin d'illustrer la chose, d'Alsop, Pedretti et al. (2005) constatent que l'exemplarité est déterminée de manière équivoque :

Pour certains, elle est associée avec l'innovation, l'unicité et l'extraordinaire [...] elle peut aussi être une alternative inhabituelle au commun de l'enseignement [...] Pour d'autres, l'exemplarité est couplée à l'essai et erreur de leçons qui garantissent d'obtenir un résultat satisfaisant à tous coups. (Traduction libre, p.5)

Autrement posé, que l'on dise d'une pratique qu'elle est efficace ou exemplaire, il semble incontournable dans les deux cas de mettre à plat le « point de vue adopté pour les documenter » (Couture et al., 2015, p.116). Abordons quelques-unes de ces perspectives d'exemplarité ou d'efficacité les plus fréquemment rencontrées.

Une première perspective que l'on pourrait associer à des « paradigmes de l'enseignement/apprentissage » est repérable au sein de la littérature. Dans cette perspective, plus une pratique semble favorable ou en adéquation avec le paradigme, plus elle gagne en valeur. Par exemple, dans les écrits de Tobin et Fraser (1990), l'exemplarité est étroitement rattachée à une adhésion des pratiques de l'enseignant aux principes du constructivisme, plus aptes, selon les chercheurs, à produire un environnement d'apprentissage adéquat. Cela peut aussi favoriser la mobilisation de stratégies d'enseignement où l'élève est particulièrement actif dans son processus d'apprentissage. Cette perspective fait écho avec d'autres cadres rencontrés dans la littérature (Biggs, 2007; Charland et al., 2012). Toutefois, Couture et al. (2015), référant à Talbot (2012), mentionnent que l'efficacité des pratiques d'enseignement semble avérée, et ce, même pour « une perspective "processus-produit" [c'est-à-dire] un enseignement direct, explicite, systématique ou instructionniste. [Celle-ci] semble plus efficace au regard des performances des élèves dont l'évaluation porte sur des connaissances déclaratives et procédurales » (p.114-115). Ainsi, cette vision paradigmatique peut s'avérer quelque peu limitative, car il est souvent possible de trouver une chose et son contraire, c'est-à-dire des cadres de pratiques d'enseignement efficaces ou exemplaires qui tantôt convergent tantôt se contredisent (Talbot, 2012).

Une seconde perspective définissant l'exemplarité ou l'efficacité réfère aux élèves. En effet, il est commun que le prisme par lequel sont jaugées les pratiques d'enseignement soit composé de facteurs liés à ces derniers protagonistes (Anadón, 2018). À titre d'exemple, des chercheurs (Fitzgerald et al., 2009), abordant de l'efficacité des pratiques d'enseignement, adoptent une perspective selon laquelle celle-ci devrait être déterminée par la capacité à influencer « positivement l'apprentissage des élèves et leur motivation à apprendre » (Anadón, 2018; Couture et al., 2015, p.114). Il y a d'ailleurs actuellement un large corpus de recherches en développement qui s'appuie sur des données probantes communiquées par le truchement de méta-analyses (Voir Hattie (2009) ou Bissonnette et al. (2006)). Ces recherches mettent en lumière des pratiques qui sont identifiées comme favorisant « la réussite scolaire des élèves et qui produiraient des performances scolaires ou de bons résultats » (Anadón, 2018, pp.40-41). Dès lors, l'efficacité renvoie généralement à des indicateurs tels que les résultats des élèves jugés satisfaisants à des épreuves évaluatives dans les matières de bases ou encore, sur le long terme, à une diplomation mieux assurée ou à un taux de diplomation accrue (Bissonnette et al., 2010; Demers, 2016). Par exemple, Hattie (2009) se base sur le principe qu'il ne peut y avoir d'enseignement sans apprentissage, ce qui rejoint le sens commun, et que cet apprentissage est perceptible et quantifiable via la réussite des élèves. Talbot

(2012) précise pour sa part que les pratiques d'enseignement efficaces dépendraient largement du type d'apprentissage concerné. Par exemple, « les pratiques enseignantes explicites et directes seraient efficaces pour la construction de connaissances déclaratives ou procédurales, mais beaucoup moins pour l'apprentissage des compétences qui sont par nature d'une haute complexité » (p.138). Ce dernier exemple est évocateur quant aux limites vers lesquelles la détermination des pratiques d'enseignement efficaces par l'apprentissage des élèves peut conduire. D'autres chercheuses telles que Wilson et Mant (2011a, 2011b) adoptent une posture de l'exemplarité dans laquelle un enseignement de qualité devrait susciter de l'enthousiasme, de l'engagement et de la motivation chez les élèves puisque ces derniers facteurs sont des déterminants de la réussite scolaire. Or, Berliner (2001) éprouve certaines réticences quant à l'utilisation de facteurs extrinsèques à l'enseignant comme critères. Il stipule qu'on ne peut juger de la qualité d'un enseignement par le fait qu'un élève ait appris quelque chose ou non, ou encore qu'il ait réussi ou non. Cette position rejoint celle adoptée par certains travaux de didactique, comme le suggèrent les propos d'Astolfi (2007) :

Faire n'est pas réussir, et les élèves peuvent s'investir positivement dans une activité. Ils peuvent même en redemander sans n'en retirer aucun profit didactique. De plus, réussir n'est pas comprendre, et peut même s'y opposer, dans la mesure où le plus sûr moyen de réussir est d'optimiser ses compétences déjà disponibles... Donc, sans apprendre ! (p.26)

Pour Berliner (2001), il y a là l'expression d'une distinction que font peu de gens, notamment entre ce qui différencie un « bon » enseignement d'un enseignement « réussi ». Dans les faits, un « bon » enseignement se juge à partir de normes professionnelles ou de critères appliqués à la tâche tandis qu'un enseignement « réussi » s'évalue généralement en fonction des finalités de réussite. Ajoutons complémentirement que si l'efficacité est définie par l'« effet élève », il est dès lors peu probable qu'une pratique d'enseignement ait un effet similaire chez tous les élèves simultanément, car ce qui peut être vrai pour un élève ou un groupe d'élèves ne l'est pas nécessairement pour un autre (Demers, 2016; Pedretti et al., 2005). Ainsi comprise, la piste des élèves et des déterminants de leur réussite peut être trompeuse. Parallèlement, cela soulève aussi des critiques quant aux démarches méthodologiques employées pour déterminer l'efficacité. À titre d'exemple, la méta-analyse employée par certaines recherches compile des données empiriques colligées principalement dans des pays industrialisés, majoritairement occidentaux, c'est-à-dire là où il se fait de la recherche (Anadón, 2018). Or, il est certain que le portrait dégagé par ces études reflétera forcément la vision dominante des pays qui sont mieux représentés en recherche, notamment où la tradition de recherche expérimentale quantitative est à son

plein essor⁴⁷. « Le champ de l'éducation », selon Anadón (2018), « est marqué par ses différents contextes (culturel, social, économique, institutionnel, etc.) et par ses multiples contingences (comme les caractéristiques des élèves et celles des enseignants); il ne peut ainsi pas se conformer à une vision réductrice des métiers de l'éducation » (p.45).

Cette dernière critique à l'égard des perspectives met en exergue un aspect indissociable des pratiques d'enseignement de qualité, soit le caractère « situé » ou « contextuel » de celles-ci. Pour Pedretti et al. (2005), « les pratiques exemplaires sont diversifiées, très personnelles et se produisent au sein d'une tapisserie riche en contexte » (p.206). Roth (1998), pour sa part, fait remarquer que les pratiques du genre sont culturellement et socialement situées ce qui engendre, comme cela vient d'être démontré, certains désaccords sur l'objet d'exemplarité ou d'efficacité. À titre d'exemple, deux personnes observant le même évènement dans une classe peuvent avoir des opinions diamétralement opposées quant à ce qu'elles observent et ce qu'elles considèrent exemplaire ou efficace. De même, ce qui peut être considéré comme étant de qualité dans un domaine ne l'est pas forcément dans un autre. Ainsi, il y aurait une certaine sensibilité au contexte à l'intérieur duquel elles sont présentes. La contextualisation des pratiques d'enseignement à différents domaines d'apprentissage (*p.ex.* pratiques exemplaires de *sciences*, meilleures pratiques en *éducation technologique*) est un bon exemple de la considération de cette caractéristique. Ce faisant, il est difficile d'envisager qu'une unique « voie vertueuse », pour reprendre l'expression de Pedretti et al. (2005), qui serait systématiquement valide et utilisable dans tous les contextes puisse réellement exister. Pour Talbot (2012), les pratiques d'enseignement efficaces « seraient contextualisées et dépendraient des environnements rencontrés par les enseignants qui choisiraient, consciemment ou non, la bonne pratique au bon instant selon le contexte opérationnel considéré dans toute sa complexité » (p.139). La pratique d'enseignement efficace ne serait donc pas une singularité, mais plutôt une constellation d'expériences appropriées qui seraient invoquées au bon moment et dans le bon contexte. Ceci rejoint les propos de Pedretti et al. (2005) qui soutiennent que :

Les [activités d'enseignement] des enseignants couvrent un éventail de pratiques pédagogiques, chacune d'entre elles représentant un aspect de ce que nous pourrions appeler le PCK « exemplaire ». Les enseignants disposent d'un lexique d'activités et de pratiques effectives, à l'intérieur duquel ils ont la possibilité de créer des situations

⁴⁷ À titre d'exemple, force est de croire que l'efficacité de l'enseignement en ST au Québec n'est possiblement pas la même que celle dépeinte par le reste du Canada, des États-Unis, de la Chine ou encore de la France. Le profil déterminé se doit par conséquent d'être adapté à chaque culture scolaire.

d'enseignement qui aident les apprenants à comprendre du contenu scientifique spécifique.
(Traduction libre, p.206)

Bâtissant sur cette particularité de même qu'en considérant le grand nombre de points de vue qui peuvent être utilisés pour déterminer les pratiques d'enseignement efficaces, l'établissement de critères multiples permettant la constitution d'un répertoire de pratiques possibles apparaît une piste appropriée et prometteuse (Couture et al., 2015; Dionne et al., 2017; Hackling & Prain, 2005). D'ailleurs, la formulation de critères d'efficacité constitue, à notre avis, la voie la plus adéquate à adopter eu égard à ce projet de thèse puisque cela permet de s'harmoniser aux aléas de la réalité de terrain et d'adapter la vision de l'efficacité en fonction de la situation particulière de la présente étude, c'est-à-dire celle de l'intégration en ST. Pour Couture et al. (2015),

l'efficacité renvoie alors à la possibilité d'atteindre des objectifs possédant une valeur sociale et validés dans le contexte de l'enseignant, d'où l'intérêt d'interroger les critères proposés par des chercheurs qui travaillent sur des pratiques d'enseignement efficaces en sciences et technologies. (p.115)

Ainsi, les critères proposés dans cette thèse sont considérés selon l'objet particulier de l'intégration en ST et contextualisés dans le cadre particulier de l'enseignement des sciences/technologie au Québec. Enfin, ces critères serviront de point de départ à la discussion et seront ensuite revisités et mis à l'épreuve de la pratique. La section subséquente amorce la réflexion sur les critères définitionnels des pratiques d'enseignement efficaces en intégration des ST.

2.1.5.1 Vers la définition de critères balisant les pratiques d'enseignement en intégration des ST

À l'instar de propos antérieurement tenus, plusieurs tentatives d'identification des pratiques ont déjà été réalisées à l'international pour l'enseignement des sciences ou de la technologie (Alsop, Bencze, et al., 2005; Beeth & Hewson, 1999; Couture et al., 2015; de Vries et al., 2007; Hackling & Prain, 2005; McComas, 1991; Osborne & Dillon, 2010; Tobin & Fraser, 1988, 1990; Tobin & Garnett, 1988; Wilson & Mant, 2011a, 2011b). Ces travaux sont d'un intérêt scientifique certain et peuvent aisément servir d'assise à la réflexion des critères de pratiques d'enseignement favorables à une intégration effective des ST. Explicitons d'abord quelques-uns de ces cadres pour ensuite déterminer les invariants qui, de surcroît, seraient compatibles au déploiement de l'intégration en ST.

À partir de différents documents ministériels et de recherche, Hackling et Prain (2005) dégagent six caractéristiques de ce qu'ils considèrent relever de l'efficacité en enseignement des sciences. Couture et al. (2015, p.115) en proposent la traduction suivante, soit :

- Des contenus reliés à la vie quotidienne et aux intérêts des élèves;
- un enseignement des sciences étroitement lié à la communauté;
- un engagement des élèves dans un processus d'investigation, d'échange d'idées et de confrontation des preuves;
- le développement et l'enrichissement de la compréhension conceptuelle des élèves;
- le recours à des évaluations qui facilitent l'apprentissage et mettent l'accent sur les retombées pour promouvoir la culture scientifique;
- l'utilisation des technologies pour rehausser le processus d'apprentissage et faciliter l'acquisition de représentations multimodales.

A priori, il est intéressant de constater la cohérence de ces dernières caractéristiques avec les programmes actuels de ST de même qu'avec les éléments théoriques présentés à l'égard de l'intégration jusqu'à présent (*p.ex.* contextualisation des apprentissages liée aux intérêts des élèves ou à la communauté, emploi de démarches ouvertes telles que l'investigation, promotion d'une culture scientifique, etc.). Le même son de cloche est entendu à l'égard de la réflexion théorique de Couture et al. (2015) soutenant le développement de pratiques d'enseignement en ST. En effet, bâtissant sur les critères de Hackling et Prain (2005), cette dernière proposition a permis d'établir d'autres critères qui sont cette fois à la rencontre des points de vue curriculaires (des programmes en ST) et de la recherche (des travaux de didactique des sciences). Ainsi, ces pratiques d'enseignement pourraient permettre de (Couture et al., 2015, p.122) :

- Susciter le questionnement;
- engager l'élève dans des démarches d'investigation riches et variées;
- établir des liens avec des problématiques sociales;
- mobiliser différentes formes de langage utilisées en ST;
- intégrer des technologies de l'information et des communications dans un processus de construction de connaissances;
- intégrer autant les démarches que les connaissances dans l'évaluation des compétences.

Il s'agit, selon les auteures, d'un travail de développement auquel il demeurera nécessaire d'y incorporer la perspective de la pratique, c'est-à-dire celle ayant trait aux enseignants. L'équipe de recherche parle d'ailleurs de critères « gagnants » pour décrire le point de rencontre entre la pratique (point de vue des enseignants), le curriculum (programmes de formation en ST) et la recherche (travaux en didactique des ST) (Dionne et al., 2017). C'est précisément dans une approche de recherche débutant avec les enseignants

que Pedretti et al. (2005) ont, pour leur part, choisi d'articuler leur effort d'identification de l'enseignement des sciences exemplaire. S'appuyant sur l'analyse de cas multiples portant sur des situations d'enseignement des sciences, ces chercheurs ont dégagé les caractéristiques de pratique suivantes (Pedretti et al., 2005, pp.207-211) :

- Enseigner des contenus scientifiques abstraits de manière créative et significative pour les élèves;
- Enseigner les (à propos des) sciences comme une construction sociale et humaine;
- Enseigner les sciences « en faisant » des sciences.

Cette présentation succincte de ces quelques propositions de caractéristiques de pratique d'enseignement démontre la convergence de divers éléments constitutifs, du moins en ce qui a trait à certains éléments propices à l'opérationnalisation de l'éducation scientifique (contextualisation des apprentissages, lien avec la société, pratique des sciences, etc.) Les propositions de Garnett et Tobin (1988); Tobin et Fraser (1988, 1990); Tobin et Garnett (1988); Tobin et al. (1988); Treagust (1991) de même que celle de Wilson et Mant (2011a, 2011b) vont également en ce sens et renforcent d'autant plus cette idée. Cependant, le contexte particulier de l'intégration rend essentiel d'incorporer à la réflexion des critères provenant d'autres disciplines interpellées telles que, dans le cas présent, la technologie. En effet, les critères de pratiques d'enseignement valides pour l'intégration sont hypothétiquement ceux à la rencontre de ce qui définit les meilleures pratiques à la fois en éducation scientifique et en éducation technologique. En d'autres termes, il s'agit de trouver les points de convergence entre les différents critères proposés au sein de la littérature sur les pratiques d'enseignement efficaces en sciences et en technologie. Cet exercice est d'autant plus important puisque, nous le rappelons, aucun critère de pratique qui serait spécifique à l'enseignement intégré des ST n'est pour le moment disponible. En matière d'éducation technologique, il faut reconnaître que beaucoup moins de tentatives d'identification de pratiques d'enseignement efficaces ont été réalisées jusqu'à maintenant. La plus importante en date est celle réalisée par de Vries et al. (2007), dont l'approche est calquée sur la méthodologie employée de l'étude d'Alsop, Bencze, et al. (2005). Le tableau 2 ci-dessous résume les caractéristiques établies dans l'ouvrage à l'égard des « bonnes » pratiques en éducation technologique.

Tableau 2.2 — Synthèse de de Vries (2007) des principales caractéristiques de « bonnes pratiques » en éducation technologique

CARACTÉRISTIQUES	
Du point de vue du contenu abordé	<ul style="list-style-type: none"> a) Faire appel aux différentes dimensions du savoir : procédurale (savoirs technologiques) et conceptuelle (savoirs à propos de la technologie) b) Mettre en exergue les valeurs interpellées. c) Gérer, de façon sensible, la diversité culturelle et la différence entre les cultures primaire (famille) et secondaire (école) des élèves. d) Faire prendre conscience aux élèves que différents problèmes de design requièrent différentes stratégies.
Du point de vue des acteurs concernés	<ul style="list-style-type: none"> e) Tenir compte, de façon effective, de l'intérêt des divers acteurs en éducation technologique (élèves, enseignants, instances gouvernementales, industrie, etc.) f) Influencer l'attitude des élèves en rendant les problèmes le plus réalistes possible, favoriser le travail d'équipe, être un enseignant compréhensif et passionné, faire appel à l'interdisciplinarité et à un environnement d'apprentissage énergisant. g) Stimuler la motivation en engageant activement les élèves dans d'authentiques apprentissages
Du point de vue des approches et des stratégies éducatives	<ul style="list-style-type: none"> h) Utiliser des stratégies multiples afin de rendre cohérents, aux yeux des élèves, les divers projets et activités réalisés. i) Utiliser de façon appropriée le potentiel des nouveaux médias comme l'Internet pour stimuler la coopération entre élèves. j) Adapter effectivement son enseignement aux différences et inégalités entre les élèves comme le genre, le milieu socio-économique d'appartenance, la langue parlée, les handicaps physiques ou intellectuels, etc. k) Utiliser une variété de modes d'évaluation de façons consciente et explicite.

De même, Charland et al. (2012) se sont également intéressés aux pratiques exemplaires en matière d'éducation technologique. L'étude ne s'y est toutefois pas exclusivement dédiée, ce qui explique en partie le nombre beaucoup moins important de conclusions proposées par ces derniers. *A priori*, il est constaté que l'enseignement de la technologie semble fouler le même sol que l'éducation scientifique en ce sens qu'ils partagent certaines caractéristiques communes (*p.ex.* réalismes des problèmes, centration sur l'élève, l'emploi de démarches ouvertes telles que le design, etc.).

Ainsi, il est estimé que des points de convergence peuvent être recoupsés avec différents principes théoriques fondamentaux de l'intégration en ST qui induisent certaines pratiques d'enseignement. Ce

faisant, il est possible de répertorier les critères de pratique d'enseignement efficace en ST en fonction desdits principes théoriques fondamentaux. Quatre registres sont en fait émergents, soit :

- des pratiques d'enseignement permettant la contextualisation/problématisation des apprentissages ;
- des pratiques d'enseignement permettant l'exploration de savoirs disciplinaires et intégrés et le développement d'une connaissance des interactions ST ;
- des pratiques d'enseignement articulant des démarches ouvertes et centrées sur l'élève ;
- des pratiques de régulation et d'évaluation des apprentissages inhérentes aux ST.

Mentionnons que ces critères sont ici présentés en regroupement afin d'en faciliter le repérage et l'analyse, mais sont destinés dans la réalité à être interdépendants. Il sera compris ainsi qu'une pratique d'enseignement peut avoir des incidences sur plus d'une catégorie et, dès lors, être fonction de plus d'un critère d'intégration des ST. Les sections ultérieures offrent un tour d'horizon des critères des pratiques d'intégration des ST. Ceux-ci sont explicités en fonction de ces derniers cadres théoriques de même qu'en fonction de leur arrimage aux programmes de ST du secondaire.

2.1.5.2 Des pratiques permettant la contextualisation/problématisation des apprentissages

Cela a été mentionné à maintes reprises, l'intégration en ST repose dans son essence sur une structuration de l'enseignement ou de l'apprentissage autour de problèmes ou d'enjeux significatifs pour l'élève et reflétant la réalité du monde. L'articulation autour de ces enjeux ou de ces problèmes constitue la prémisse justifiant une exploration des contenus qui se veut détachée des prérogatives disciplinaires ou, autrement formulé, « cimente » les éléments disciplinaires ensemble (Beane, 1997; Rennie, Wallace, et al., 2012; Venville, 2015). Par ailleurs, la contextualisation des apprentissages est une caractéristique prise en charge par les programmes actuels de ST, trouvant plus spécifiquement son ancrage dans les DGF mobilisés à l'intérieur de situations d'apprentissage « contextualisées » (Gouvernement du Québec, 2004, 2006b). Il est dès lors intéressant de constater que cette caractéristique rejoint la plupart des cadres d'exemplarité ou d'efficacité en sciences et en technologie consultés dans la présente revue de littérature.

En effet, la contextualisation des apprentissages rejoint la position de plusieurs chercheurs qui se sont prononcés sur la question des pratiques d'enseignement à mettre de l'avant en ST. Toutefois, les manières de concevoir cette pratique sont, quant à elles, nuancées. Les interrogations de Couture et al. (2015) apparaissent à cet égard pertinentes :

S'agit-il de partir des questions spontanées des élèves, de leur proposer des questions en lien avec les savoirs prescrits, en essayant de les lier à la vie quotidienne, ou encore de les engager dans un travail de problématisation ? [...] Nous conviendrons que ces trois possibilités font appel à des démarches bien différentes. (p.116-117)

Il existe donc plusieurs manières de contextualiser et ces manières varient considérablement en termes d'ampleur. Dans une perspective plus minimaliste, Tobin et Garnett (1988) ont observé que les enseignants de sciences exemplaires ont tendance à donner des exemples issus de la vie courante pour illustrer des notions de sciences abstraites. Ce passage par le concret peut également être fonction de questions bien choisies, rejoignant les propos de Couture et al. (2015) à l'égard de l'importance du questionnement en ST. Dans une perspective plus complexe, Couture et al. (2015), suggèrent que la formalisation de la contextualisation passe par l'engagement des élèves à l'intérieur de démarches d'investigation, de construction de savoirs et de problématisation. La démarche de problématisation réfère dans ce cas de figure à une contextualisation par les problèmes ou, autrement formulée, à une « mise en problème » des contextes mobilisant les savoirs scientifiques ou technologiques. D'autres adoptent également ce point de vue, dont Pedretti et al. (2005). Ces derniers soutiennent que donner sens aux apprentissages scientifiques repose avant tout sur la pratique des sciences. En fait, Hill et Smith (2005); Pedretti et al. (2005) précisent que de « faire des sciences » implique forcément la résolution de problème en contexte réel; la résolution de ces problèmes, à la fois envisagés dans une perspective technologique ou scientifique, s'effectue respectivement en employant des démarches telles que la conception et l'investigation.

Aussi, la résolution de problème en contexte réel fait référence à ce que plusieurs considèrent comme des environnements, des contextes ou des tâches authentiques (Hill, 2007; Hill & Smith, 2005). Hill et Smith (2005) mentionnent qu'une manière de concrétiser la chose est de rattacher cette tâche complexe à des projets impliquant la communauté : « les projets communautaires conduisent naturellement à la résolution de problème en contexte réel » (Traduction libre, p.140). Quant à Pedretti et al. (2005), la fonction communautaire de l'enseignement des sciences fait référence au maillage de cette discipline avec « la société, la technologie et l'environnement » (p.117). L'enseignement scientifique est donc ici envisagé selon une perspective démocratique, c'est-à-dire s'intéressant à des sujets pertinents aux yeux des élèves, notamment rattachés à leur quotidien et à leurs préoccupations, et favorisant le développement d'une culture scientifique et technologique. Enfin, Couture et al. (2015) indiquent l'emploi de QSSV et d'activités

permettant la compréhension du travail des scientifiques comme des voies potentielles à un enseignement plus communautaire des sciences.

Enfin, plusieurs considèrent la contextualisation des apprentissages en ST sous la loupe des effets potentiels sur les élèves. Pour Couture et al. (2015), l'engagement des élèves à l'intérieur de démarches scientifiques est une condition à la stimulation de leur intérêt à l'égard des ST. de Vries (2007) abonde dans le même sens. Pour lui, il importe de stimuler la motivation en engageant activement les élèves dans des apprentissages authentiques, c'est-à-dire passant par la résolution de problème en contexte réel. Cela consiste aussi à agir sur l'attitude des élèves en leur offrant des problèmes les plus réalistes possible, ce qui peut se refléter, entre autres, par le travail en équipe et la mise en place d'environnements interdisciplinaires (de Vries, 2007). Hill (2007), discutant des critères de de Vries (2007), relève le puissant motivateur que peut être le couplage, à l'intérieur de contextes d'apprentissage, de l'intérêt des élèves et au monde réel. Wilson et Mant (2011a, 2011b) évoquent l'importance de la contextualisation des sciences puisqu'elle agit comme catalyseur de l'engagement des élèves dans les tâches de ST.

2.1.5.3 Des pratiques d'enseignement permettant l'exploration de savoirs disciplinaires et intégrés et le développement d'une connaissance des interactions ST

À titre de rappel, mentionnons que l'intégration en ST favorise l'apprentissage de savoirs et d'habiletés à la fois disciplinaires et intégrés dont l'articulation force l'abaissement des frontières disciplinaires traditionnelles (Beane, 1997; Fourez et al., 2002; McComas & Wang, 1998; Rennie, Wallace, et al., 2012; Venville, 2015). En fait, différentes composantes des programmes actuels de ST en permettent la prise en charge, s'effectuant plus particulièrement par le biais du développement de « compétences » (Gouvernement du Québec, 2004, 2006b). Ces compétences sont des manifestations visibles des savoirs et savoir-faire des élèves qu'ils sont amenés à mobiliser à l'intérieur d'activités complexes et nouvelles (Astolfi, 2007). La portion « disciplinaire » des apprentissages est assurée par le truchement du développement des trois (3) compétences disciplinaires qui couvrent différentes dimensions complémentaires des ST, soit les aspects pratiques et méthodologiques (*p.ex.* les démarches et les méthodes), d'autres plus théoriques, conceptuels et historiques (*p.ex.* conceptualisation et transfert des apprentissages) de même que ceux relatifs à la communication (*p.ex.* langages (naturel, symbolique et graphique) en ST). De surcroît, le développement des compétences est porté par des situations d'apprentissage « intégratives », c'est-à-dire mobilisant des savoirs essentiels provenant de différents

univers d'apprentissage. Ceci n'est pas sans rappeler les écrits d'Astolfi (2007) qui stipule que la compétence est indissociable du savoir : « En fait, un savoir sans compétence n'est qu'une information à mémoriser, mais une compétence sans savoir n'est qu'un dressage à exécuter » (p 31). Cela rend donc possible l'exploration intrinsèque (à l'intérieur) et extrinsèque (liens entre elles) des disciplines. L'appropriation de ces compétences est préalable à l'enrichissement plus grand d'une culture scientifique et technologique (Gouvernement du Québec, 2004, 2006b). Les apprentissages intégrés relèvent, quant à eux, de la prise en charge des compétences transversales qui peuvent être travaillées dans les différentes activités de ST.

Il est manifeste que les perspectives théoriques portant sur les pratiques d'enseignement efficaces appuient également cette idée. Hackling et Prain (2005) proposent que les pratiques efficaces d'enseignement doivent permettre l'enrichissement et le développement de la compréhension des élèves à l'égard de différents concepts de sciences et de technologie. De même, Dionne et al. (2017) relèvent que « l'enrichissement conceptuel est le but ultime de l'apprentissage en ST : soit pouvoir utiliser des savoirs de plus en plus complexes pour se représenter le monde ». Dans la même veine, Pedretti et al. (2005) soutiennent que les pratiques en enseignement des sciences doivent permettre des apprentissages « à propos » de celles-ci. Selon ces auteurs, il s'agit d'une compréhension qui comprend la nature et les méthodes inhérentes aux sciences, leurs contextes (historiques et de développement) de même que des interactions entre les sciences, la technologie, la société et l'environnement. En éducation technologique, de Vries (2007) supporte l'idée qu'une caractéristique des meilleures pratiques d'enseignement est de faire appel à différentes dimensions du savoir, c'est-à-dire à des savoirs conceptuels (contenus) et procéduraux (savoir-faire). Ainsi, un consensus semble poindre à l'horizon à l'effet qu'un enseignement des ST intégré devrait permettre des apprentissages variés, c'est-à-dire incluant des savoirs (concepts en ST) et des savoir-faire (méthodes et démarches en ST) pouvant relever des disciplines ou de leurs interactions.

Également, pour certains, il semble y avoir une dimension émotionnelle qui se doit d'être présente dans la transmission des savoirs scientifiques et technologiques. Il s'agit en fait de démontrer de l'enthousiasme ou une passion à l'égard des contenus enseignés. Ainsi, Pedretti et al. (2005) précisent qu'un ingrédient important du développement des connaissances en classe de sciences repose sur l'enthousiasme ou la passion de l'enseignant à l'égard des contenus enseignés. De même, pour Garnett et Tobin (1988); Tobin

et Fraser (1988, 1990); Tobin et Garnett (1988); Tobin et al. (1988); Treagust (1991), il est clair que la connaissance des contenus des enseignants exemplaires reflète certes un haut niveau de maîtrise, mais se voit aussi couplée à un certain enthousiasme de l'enseignant à leur égard. Wilson et Mant (2011a, 2011b) ainsi que de Vries (2007) abondent en ce sens également. Nous sommes d'avis que cette caractéristique est possiblement plus à propos dans une perspective plus transmissive de l'enseignement des ST. En effet, nous formulons l'hypothèse que cette caractéristique des pratiques d'enseignement efficaces gagne en importance lorsqu'intéresser et motiver les élèves en ST repose davantage sur la « prestation » de l'enseignant que sur l'engagement intellectuel des élèves dans leurs apprentissages. Dans ce cas de figure, il est estimé qu'il faut être minimalement porteur de ces mêmes traits émotionnels afin de les voir finalement émerger chez les élèves. Cependant, il semble que cette caractéristique est loin d'être incompatible avec d'autres approches plus ouvertes; elle y jouera simplement un rôle possiblement moins important.

2.1.5.4 Des pratiques articulant des démarches ouvertes et centrées sur l'élève

Afin d'opérationnaliser adéquatement l'intégration en ST, il a été démontré que l'emploi de démarches ouvertes à l'intérieur d'activités d'apprentissage sied bien à ce contexte particulier de mise en œuvre. En substance, l'ouverture correspond au degré de liberté et de libre choix dont l'élève dispose à l'intérieur d'une situation pédagogique. Ces situations ouvertes permettent aux élèves d'occuper un rôle de premier plan, d'être actifs pour le dire autrement, dans le processus d'apprentissage inhérent (Moore et al., 2014); leur engagement dans la tâche étant une condition *sine qua non* à l'atteinte des objectifs d'apprentissage et aussi fonction de leur intérêt (Astolfi et al., 2008). Les programmes de ST favorisent l'appropriation par les élèves de même que leur engagement à l'intérieur de démarches de résolution de problèmes propres aux sciences et à la technologie. L'investigation et la conception constituent sans doute l'apanage de l'activité scientifique et technologique et sont potentiellement celles les plus travaillées parmi les activités ST du secondaire⁴⁸. D'autres démarches analogues et présentant une certaine ouverture sont aussi travaillées en ST : la modélisation, l'observation, l'expérimentation ainsi que les démarches empiriques, de construction d'opinion ainsi que d'analyse technologique (Gouvernement du Québec, 2006b). Ces

⁴⁸ Elles sont en fait travaillées dans presque tous les programmes de tous les cycles du secondaire (sauf en cinquième secondaire, dans les cours de physique et de chimie, qui ne font pas appel à la démarche de conception technologique).

démarches constituent autant d'outils pouvant faciliter l'opérationnalisation de l'intégration en ST et trouvent également un écho important dans les différents cadres d'exemplarité ou d'efficacité consultés.

Pour certains (Garnett & Tobin, 1988; Pedretti et al., 2005; Tobin & Fraser, 1988, 1990; Tobin & Garnett, 1988; Tobin et al., 1988; Treagust, 1991), bien enseigner les sciences passe obligatoirement par la pratique des sciences. Ceci s'incarne plus spécifiquement par un engagement et un développement d'expertise des élèves à l'égard de l'investigation scientifique et la résolution de problème. À titre d'exemple, Pedretti et al. (2005) énumèrent quelques habiletés utilisées par les élèves qui peuvent être travaillées par ces démarches :

faire une revue de littérature, formuler des questions de recherche et des hypothèses, concevoir des expériences, utiliser de l'équipement, résoudre des problèmes, manipuler des variables, analyser des données, déceler des biais, critiquer des savoirs scientifiques, collaborer, établir un consensus et communiquer dans différentes formes de langage. (Traduction libre, p.210)

Celles-ci s'effectuent dans des contextes variés, parfois hors de la salle de classe (*p.ex.* aller dans des musées, dans un parc, dans la cour d'école, etc.), incorporant volontiers des problèmes de nature technologique (Pedretti et al., 2005). Couture et al. (2015) emploient d'ailleurs le pluriel pour considérer les démarches d'investigation qui renvoient, selon elles, « à des processus itératifs d'observation, d'expérimentation, de modélisation et aussi de conception technologique » (p.118). Cela peut inclure également l'échange et la confrontation d'idées comme moteur du développement des connaissances. de Vries (2007) évoque, quant à lui, la centralité de la démarche de design et aussi des apprenants à l'intérieur des pratiques d'enseignement en éducation technologique.

L'emploi de démarches en sciences ou technologie renvoie à l'importance des problèmes dans le processus d'apprentissage des ST. En apprentissage par problème, les problèmes peuvent être déterminés par les élèves ou par l'enseignant, mais les activités qui s'ensuivent sont nécessairement du ressort des élèves qui doivent tout mettre en œuvre pour résoudre ledit problème (Hill & Smith, 2005). Les propos de Potvin (2011) à l'égard de l'effet des problèmes sur l'apprentissage sont particulièrement éclairants

On ne comprend jamais mieux une solution, en effet, que lorsqu'elle résout un problème que nous avons effectivement rencontré, ressenti, et que nous avons sincèrement cherché à résoudre par nous-mêmes. L'acquisition de connaissances qui permettent de produire cette résolution, de ces variables clés, arrive comme un véritable soulagement et non pas comme

un nouveau défi à relever. Elles sont bienvenues, car elles ne sont pas des problèmes, elles sont des solutions. (p.273)

Aussi, la résolution de problème réel est prise en charge par les élèves, notamment en équipe (Hill & Smith, 2005). Tobin et Fraser (1988, 1990); Tobin et Garnett (1988); Tobin et al. (1988); Treagust (1991) constatent chez les enseignants exemplaires des pratiques d'enseignement qui favorisent les interactions entre les élèves, notamment le travail d'équipe et l'apprentissage collaboratif, allant jusqu'à adapter l'environnement de la classe à ce type de travail (par exemple l'aménagement d'îlots de travail).

L'interaction des élèves est donc encouragée dans les activités d'enseignement, ce qui témoigne de la participation des élèves à l'intérieur de celles-ci. En fait, en enseignement des sciences ou de la technologie, un consensus semble établi quant à la centration sur les élèves des activités d'apprentissage. Charland et al. (2012) de même que Garnett et Tobin (1988); Tobin et Fraser (1988, 1990); Tobin et Garnett (1988); Tobin et al. (1988); Treagust (1991) constatent que les pratiques d'enseignement observées respectivement en technologie et en sciences font appel à l'enseignement/apprentissage de type actif où l'élève est au centre de ses apprentissages. Toutefois, les manières d'envisager la chose sont différentes d'un cadre à l'autre. Pour de Vries (2007), il est essentiel de rendre cohérents, aux yeux des élèves, les divers projets et activités réalisés ce qui, de son point de vue, implique une reconstruction du sens et de la pertinence des apprentissages « par » les élèves. Couture et al. (2015) soutiennent que la pertinence d'utiliser des démarches ouvertes telles que l'investigation repose sur le caractère « attractif » et « intéressant » de ces dernières. Wilson et Mant (2011a, 2011b) évoquent, quant à elles, l'importance du passage par les aspects méthodologiques et pratiques des sciences comme levier à l'engagement des élèves dans les tâches de ST. Pour ces chercheuses, Wilson et Mant (2011a, 2011b), il importe que tous les apprenants soient sollicités dans la même mesure, ce qui justifie l'emploi de démarches ouvertes.

2.1.5.5 Des pratiques de régulation et d'évaluation des apprentissages inhérentes aux ST

Cela a été mentionné, la considération de l'enseignement des ST par le prisme de l'intégration implique un changement de *statu quo* et nécessite des pratiques d'évaluation qui lui sont propices. Rappelons que ce changement est notamment justifié par la nature particulière des apprentissages pouvant être réalisés en contexte d'intégration, c'est-à-dire complexe, hétérogène et idiosyncratique. D'un point de vue curriculaire, le PFEQ invite les enseignants à évaluer les apprentissages des élèves en ST par l'entremise des compétences disciplinaires. L'évaluation est conçue comme « un soutien à l'apprentissage », ce qui

suppose « une régulation qui permet d'apporter les ajustements nécessaires au développement des compétences » (Gouvernement du Québec, 2004, p.273).

Sur le fond, Couture et al. (2015) envisagent l'objet d'évaluation sur le double plan des contenus et des démarches en ST. Hackling et Prain (2005) soutiennent pour leur part que l'évaluation doit permettre d'apprécier le développement d'une culture scientifique et technologique (CST). Dakers (2007), élaborant sur la synthèse des critères liés à l'éducation technologique de de Vries (2007), supporte également cette même idée d'évaluation de la CST. Il rejoint aussi Couture et al. (2015) dans la mesure où il envisage que l'apprentissage de la technologie dans une perspective d'alphabétisation technologique nécessite l'articulation de savoirs procéduraux (*p.ex.* savoirs axés sur l'utilisation de la technologie tels que le travail du bois ou de l'acier, le dessin technique, etc.) et conceptuels (*p.ex.* savoirs à propos de la technologie tels que des savoirs liés aux enjeux technologiques et aux impacts sur les sociétés).

Sur la forme, il semblerait que la fonction évaluative de « régulation des apprentissages », suggérée dans les programmes, serait aussi une caractéristique importante des pratiques d'enseignement efficaces en ST. Hackling et Prain (2005) proposent que les pratiques en lien avec l'évaluation s'inscrivent dans une perspective de « suivi » des apprentissages des élèves. Wilson et Mant (2011a, 2011b) relatent que les enseignants de sciences qualifiés d'exemplaires utilisent des stratégies d'évaluation (formative) qui offrent une régulation des apprentissages. Garnett et Tobin (1988); Tobin et Fraser (1988, 1990); Tobin et Garnett (1988); Tobin et al. (1988); Treagust (1991) supportent le fait qu'une clé de l'enseignement exemplaire concerne le suivi rigoureux de la compréhension de élèves par les enseignants. Des stratégies variées peuvent être utilisées par ces derniers. Garnett et Tobin (1988); Tobin et Fraser (1988, 1990); Tobin et Garnett (1988); Tobin et al. (1988); Treagust (1991) précisent que celles-ci peuvent être des stratégies verbales (*p.ex.* pose des questions pour stimuler la réflexion, sonde les réponses des élèves pour des clarifications ou explicitations, etc.) alors que Wilson et Mant (2011a, 2011b) proposent des techniques telles que l'évaluation par les pairs, l'autoévaluation de même que l'utilisation d'un système visuel permettant une appréciation rapide du niveau de compréhension (*p.ex.* code de couleur d'un feu de circulation). Kimbell (2007) réagissant aux écrits de de Vries (2007) constate que la pratique d'évaluation en éducation technologique la plus commune concerne l'évaluation formative, c'est-à-dire une forme d'évaluation accompagnant l'apprentissage des élèves. Kimbell (2007) utilise le terme « diagnostique » de la compréhension des élèves pour illustrer la fonction de ce type d'évaluation.

Tableau 2.3 — Synthèse des critères de pratiques d'enseignement en sciences et en technologie

	Hackling et Prain (2005)	Couture et al. (2015)	Pedretti et al. (2005)	Garnett et Tobin (1988); Tobin et Fraser (1988, 1990); Tobin et Garnett (1988); Tobin et al. (1988); Treagust (1991)	Wilson et Mant (2011a, 2011b)	Charland et al. (2012)	de Vries (2007)
<p>Critère #1</p> <p><i>Des pratiques favorisant la contextualisation/problématisation des apprentissages</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Contenus reliés à la vie quotidienne et aux intérêts des élèves ▪ Apprentissages liés à la communauté 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Établir des liens avec des problématiques sociales 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Enseigner des concepts scientifiques abstraits de manière à les rendre « significatifs » ▪ Engager les élèves dans des problèmes réels 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Illustration des apprentissages à partir de la vraie vie 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Contextualisation des sciences et de leur pertinence dans la vie de tous les jours 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Tenir compte de l'intérêt des élèves ▪ Rendre les problèmes le plus réalistes possible : par le travail en équipe et des environnements interdisciplinaires ▪ Stimuler la motivation en engageant activement les élèves dans d'authentiques apprentissages
<p>Critère #2</p> <p><i>Des pratiques d'enseignement permettant l'exploration de savoirs disciplinaires et le développement d'une connaissance des interactions ST</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Développement et enrichissement de la compréhension conceptuelle des élèves 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Implique une connaissance approfondie des contenus reflétant l'enthousiasme à l'égard des sujets traités ▪ Apprentissage « à propos » des sciences en tant que « construit humain », c'est-à-dire au cœur des interactions STSE 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Enthousiasme pour les contenus enseignés 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Enthousiasme à propos des sciences 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Faire appel à différentes dimensions du savoir (p.ex. savoir et savoir-faire, conceptuel et procédural, etc.) ▪ Être passionné

<p>Critère #3 <i>Des pratiques articulant des démarches ouvertes et centrées sur l'élève</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Engagement des élèves dans un processus d'investigation, d'échange d'idées et de confrontation des preuves 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Engager des élèves dans des démarches d'investigation riches et variées 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Enseigner les sciences en faisant des sciences, c'est-à-dire par l'investigation scientifique et la résolution de problème (qui peut aussi être de nature technologique) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Activités nécessitant la participation; l'engagement physique et intellectuel des élèves ▪ L'investigation scientifique comme partie intégrante des activités d'apprentissage 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Faire ou pratiquer les sciences en défiant intellectuellement les élèves ▪ Les élèves comme des apprenants « actifs » 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pratiques où l'enseignement/apprentissage est de type « actif » 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Variation de stratégies autour de différents problèmes de design ▪ Rendre cohérents, aux yeux des élèves, les divers projets et activités réalisés.
<p>Critère #4 <i>Des pratiques de régulation et d'évaluation des apprentissages inhérentes aux ST</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Avoir recourt à des évaluations qui facilitent l'apprentissage et mettent l'accent sur les retombées pour promouvoir la culture scientifique 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Intégrer autant les démarches que les connaissances dans l'évaluation des compétences 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Évaluation des apprentissages axée sur la régulation de la compréhension des élèves 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Utilisation de stratégies d'évaluation « formative » 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Utiliser une variété de modes d'évaluation de façons consciente et explicite. 	

Toutefois, il n'est pas rare que l'enseignement efficace fasse appel à d'autres types d'évaluation tels que l'évaluation sommative ou évaluative (de Vries, 2007). Il est donc possible que les pratiques d'enseignement efficaces en ST fassent appel à divers types d'évaluation, mais qu'elles accordent *in situ* une place plus importante à l'évaluation formative.

Les précédentes sections ont permis d'étayer le cadre particulier, notamment les critères, par lequel seront examinées les pratiques d'enseignement qui supportent les activités d'apprentissage présentant une intégration en ST. Le Tableau 2.3 ci-dessus offre d'ailleurs une synthèse des critères dégagés de pratiques efficaces en ST. Rappelons que ces critères sont pour l'instant envisagés selon deux perspectives complémentaires, notamment théorique et curriculaire. Ceux-ci ne sont pas définitifs et serviront au démarrage d'un travail d'élaboration auquel il demeurera essentiel d'y incorporer le point de vue des acteurs de terrain. Pour Lenoir et Vanhulle (2006), « la prise en compte des pratiques [d'enseignement] effectives pourrait conduire à l'élaboration d'un référentiel professionnel émanant de cette pratique elle-même et produit avec la participation active des enseignants eux-mêmes » (p.195). C'est précisément à la définition et à l'objectivation de ce répertoire de pratiques, plus intimement lié à la mise en œuvre de l'intégration en ST, que se destine cette étude. Il est ajouté que :

la production d'un tel référentiel confronté aux référentiels de formation existants aurait l'heur de créer un réel dialogue entre le discours scientifique sur la pratique, le discours socio-idéologique incontournable et les principes organisateurs qui charpenteraient le référentiel professionnel et qui émaneraient des pratiques sociales préalablement établies. (Ibid., p.195)

Afin de bien comprendre l'importance de ce dialogue de même que les motifs qui motivent le choix de cette articulation tripartite, il devient essentiel à ce stade d'aborder le concept central de pratique d'enseignement

2.2 Pratique d'enseignement

La pratique d'enseignement est un concept clé, voire structural de cet ouvrage. Par ailleurs, l'emploi de cette notion entraîne avec elle un questionnement inévitable sur l'objet spécifique que représente la pratique d'enseignement, et ce, de façon à en préciser davantage le sens et la constitution. Jusqu'à maintenant, ledit terme a été utilisé sans véritablement s'arrêter sur ce choix, sans en questionner les tenants et les aboutissants. Pour pallier cette lacune, la question de la définition doit être abordée d'entrée de jeu.

À l'instar de propos antérieurement formulés, la nature du mot « pratique » est très inclusive et peut être associée à plus d'un élément conceptuel du monde de l'éducation. L'emploi du terme pratique fait globalement référence ici à :

L'ensemble des actes singuliers et situés d'une professionnelle ou d'un professionnel, observables ou non, ainsi que les significations qu'elle ou il leur accorde. Les pratiques incluent donc une dimension comportementale (actes observables) et une autre cognitive (actes mentaux). (Deaudelin et al., 2007, p.30)

Mise en relief avec le cadre particulier de l'enseignement, cette dernière définition suggère donc qu'une pratique concerne l'agir d'un professionnel de l'enseignement, en l'occurrence ici un enseignant, dans son contexte. Cet agir est constitué à la fois de gestes « physiques » et d'actes « mentaux ». Sur le plan des définitions, il est aussi intéressant de répertorier les principales affiliations de ce terme. Cela a été évoqué, chacune de celles-ci renvoie à un découpage différent de l'agir des enseignants et, en corolaire, à des manières différentes par lesquelles étudier les pratiques. La littérature consultée propose plusieurs étiquettes qui chevauchent dans une plus ou moins grande mesure celui de la pratique d'enseignement.

Le premier terme/concept explicité est celui de la pratique éducative. Celui-ci se définit comme « la pratique de l'Agent qui vise l'éducation et la formation de Sujets dans le cadre d'une situation pédagogique » (Legendre, 2005, p.1066). Cette définition semble *a priori* intéressante, mais un regard critique à son égard permet de constater que le concept présente certaines faiblesses considérant le cadre d'opérationnalisation de cette thèse. En effet, il est ici question d'une relation Agent/Sujet qui prendrait vie dans une situation pédagogique quelconque. Or, cette relation apparaît beaucoup trop générale. Aussi, une situation pédagogique n'est pas exclusive au monde scolaire et peut être entreprise dans des contextes variés d'éducation non formelle. Par exemple, un « agent » visant l'éducation d'un individu peut aussi bien être un enseignant en milieu scolaire qu'un éducateur en milieu non formel tel qu'un guide dans un musée. Il en va de même pour le « sujet éduqué » qui peut certes être un élève, mais aussi potentiellement un enfant hors du cadre scolaire ou encore un adulte. Il est estimé que suffisamment de caractéristiques distinguent le contexte de classe d'une exposition muséale ou encore un enseignant d'un guide de musée (répondant à des normes professionnelles et des savoirs différents) pour en faire minimalement la nuance. Ainsi, cette étude ne souhaite pas ratisser aussi large, se concentrant plutôt à un contexte scolaire et de surcroît inscrit dans la salle de classe.

D'autres termes ou concepts peuvent donc être envisagés, dont celui de pratique pédagogique. Celle-ci se définit, dans son sens le plus général, comme une « pratique qui concerne l'une ou l'autre ou l'ensemble

des relations au sein d'une situation pédagogique » (Legendre, 2005, p.1066). Selon Legendre (2005), la pratique pédagogique est un concept parapluie qui englobe celui de pratique d'apprentissage, didactique, d'enseignement et enseignante. Ainsi considérée, la pratique pédagogique conserve un angle encore trop large et traîne dans son sillage un nombre important d'éléments périphériques auxquels il serait superflu de s'attarder.

Conséquemment, le choix de concept s'est donc arrêté à celui de pratique d'enseignement. Il convient de distinguer la pratique d'enseignement de la pratique enseignante. Pour Presseau et al. (2011), « les pratiques enseignantes incluent ce que fait l'enseignant dans son établissement, au sein de l'équipe pédagogique, dans ses rapports avec les autres personnels [...], dans ses rapports avec les parents d'élèves et les différents partenaires » (p.171). Elle concerne donc l'ensemble des activités reliées à la fonction enseignante, englobant dès lors la pratique d'enseignement. En effet, Hasni et al. (2009), s'appuyant sur Altet (2001) et Lenoir et Vanhulle (2006), soutiennent que le caractère distinctif de la pratique enseignante est son intérêt pour les tâches qui s'effectuent « en dehors de la classe, durant le temps scolaire (la pratique de travail collectif avec les collègues, l'encadrement des élèves, etc.) ou à l'extérieur (la pratique d'échanges avec les parents, les pratiques de partenariat, etc.) » (p.88). Or, certaines de ces tâches externes à salle de classe n'apparaissent pas essentielles à être documentées dans le contexte de cette recherche qui se propose de dégager les « ingrédients » qui permettent l'opérationnalisation de l'intégration en ST en s'intéressant à ce qui se fait en classe, ce qui est effectif.

Quant à la pratique d'enseignement, Hasni et al. (2009) échafaudent une définition en s'appuyant d'autres travaux (Bru & Talbot, 2001; Lenoir & Vanhulle, 2006). Selon eux, elle renvoie à un ensemble d'activités qui s'organisent autour du temps de classe et en présence des élèves. De manière plus formelle, Clanet et Talbot (2012) définissent les pratiques d'enseignement comme « les activités déployées en classe [par l'enseignant], en face à face pédagogique [...] dans l'espace de la classe » (p.5). Ce dernier découpage de la pratique apparaît donc comme celui à privilégier dans le cadre de cette étude. Selon Lenoir et Vanhulle (2006), trois moments sont associables à cette pratique, soit préactif, interactif et postactif. La phase préactive est ponctuée par la préparation ou l'anticipation de l'intervention auprès des élèves, ce que d'autres désignent également comme une phase de planification (Charlier, 1998). Durant cette dernière phase, « l'enseignant traite de l'information d'origines diverses », l'écrit Charlier (1998), « pour choisir des schèmes d'action et des conduites pédagogiques à développer lors de la phase interactive » (p.102). Selon Perrenoud (1998), dans une perspective piagétienne sont appelés schèmes d'action « ce qui, dans une

action, est ainsi transposable, généralisable ou différenciable d'une situation à la suivante, autrement dit ce qu'il y a de commun aux diverses répétitions ou applications de la même action » (p.182). Certaines questions permettent de caractériser et, aussi, de baliser cette phase :

Le quoi enseigner (les contenus visés par l'enseignement); le comment enseigner (les démarches et approches didactico-pédagogiques retenues); le avec quoi (les ressources à utiliser pour réussir cet enseignement); le pourquoi (les finalités éducatives visées en lien avec les contenus et les démarches et approches retenues). (Hasni et al., 2009, p.88)

Hasni et al. (2009) ajoutent que ce questionnement doit être mis en perspective selon les élèves concernés et le contexte dans lequel se déroule cet enseignement. Chronologiquement, la phase interactive s'ensuit et appelle à l'intervention (planifiée) auprès des élèves en classe. Elle est donc davantage de nature effective et bâtie sur la prémisse, des imprévues peuvent advenir et modifier l'intervention planifiée (Perrenoud, 1998). Lors de cette phase « le formateur pris par le cours de l'action, d'une part, applique des décisions prises lors de la planification et, d'autre part, active des schèmes d'action et des routines en réponse à certaines caractéristiques de la situation » (Charlier, 1998, p.102). Enfin, la phase postactive ou postinteractrice concerne l' « après classe ». Cette étape aboutit à l'expression d'une justification de la pratique effective (les motifs-parce-que), telle qu'elle a été vécue (Lenoir et Vanhulle, 2006).

Ajoutons complémentirement que si la phase interactive donne lieu à des réflexions « dans » l'action permettant l'adaptation de l'agir en réaction aux impératifs des situations, les phases préactive et postactive concernent, quant à elles, une réflexion « sur » l'action. Charlier (1998) précise que cette dernière forme de réflexion

attire l'attention sur l'importance du savoir construit par l'enseignant à partir de sa pratique. Il est le point de départ et l'aboutissement de l'action dans la mesure où l'expérience de la classe est théorisée, formalisée pour enrichir la "base de données" de référence de l'enseignant. (p.102)

Ce dernier étalement des phases liées à la pratique d'enseignement laisse poindre à l'horizon que deux registres de pratique peuvent ainsi être étudiés. Un premier registre qui relève du discours portant sur l'action ou la pratique (Hasni et al., 2006). Ce discours conduit par l'enseignant peut concerner, à titre d'exemple, ses pensées, ses représentations ou ses croyances sur son agir (Hasni et al., 2006). Le second registre est, quant à lui, du domaine de l'observable ou du tangible et réfère aux pratiques réellement mises en œuvre dans l'action. Ces registres sont plus couramment désignés sous les termes de pratique déclarée et de pratique effective. La section subséquente aborde plus exhaustivement ce point.

2.2.1 Pratique déclarée et pratique effective

Au sein de la littérature, il est commun que les chercheurs distinguent la pratique déclarée de celle dite effective. Pour certains, cette distinction renvoie aux manières par lesquelles la pratique est examinée par la recherche. Accessoirement, les études qui se sont intéressées, par le biais de questionnaires ou d'entretiens, aux perceptions des enseignants à l'égard de leur pratique ont obtenu un reflet de la pratique tel que décrit par les enseignants (Bressoux, 2001). L'enseignant peut ainsi être un prisme « désinformant » ou « déformant » lorsqu'employé pour documenter sa pratique. Dans le premier cas de figure, il est manifeste que le praticien possède une conscience limitée de ce qui se passe dans sa classe (Lenoir & Vanhulle, 2006). Par exemple, Wilson et Mant (2011a, 2011b) relatent que les enseignants n'identifient pas d'emblée et explicitement certaines de leurs pratiques. Cela témoigne pour les chercheuses du caractère parfois « inconscient » des pratiques d'enseignement. En d'autres termes, il est possible que les enseignants emploient des pratiques sans même savoir qu'il s'agit de pratiques ou sans accorder de l'importance à ces pratiques. Il importe de conjuguer à cela le fait que les praticiens ont parfois de la difficulté à décrire ce qu'ils font (Bourassa et al., 1999). De même, l'enseignant qui relate la trame de son récit le fait parfois en donnant une certaine cohérence à son action, ce qui peut engendrer des distorsions d'intentionnalité à cette dernière (*p.ex.* j'estime avoir fait ceci... puisque cela...) (Bressoux, 2001; Lenoir & Vanhulle, 2006). De notre point de vue, cela soulève différentes questions quant aux limites que les enseignants peuvent éprouver lorsqu'ils ont à décrire leur propre pratique. Il est dès lors important de distinguer la pratique déclarée, c'est-à-dire celle que l'enseignant mentionne employer, de la pratique effective, c'est-à-dire celle que l'on observe tangiblement en salle de classe (Bressoux, 2001; Hasni et al., 2009; Lenoir & Vanhulle, 2006). À la manière du metteur en scène scénarisant soigneusement le déroulement d'une pièce, la pratique déclarée correspond au discours de ce dernier protagoniste qui met en évidence les idées, les intentions, les manières, etc. qui vont ou qui ont animé la trame du récit. Quant à la pratique effective, pour reprendre notre analogie théâtrale, elle est l'œuvre ou la pièce telle que vue extérieurement par les différents publics. Lenoir et Vanhulle (2006) considèrent que la pratique effective constitue un point de départ si la transformation de la pratique des enseignants est ultimement souhaitée. Cependant, bien que la pratique effective ait un intérêt scientifique indéniable, il faut également préciser qu'elle n'est pas pour autant la panacée en matière de recherche sur l'action des enseignants. En fait, elle n'est pas non plus exempte de biais méthodologiques. Selon Hasni et al. (2009) et Lenoir et Vanhulle (2006), l'observation directe, généralement utilisée pour examiner ces pratiques, n'offre souvent qu'une vitrine figée dans le temps sur la pratique (les pratiques observées) qui ne permet pas toujours d'apprécier les

pratiques habituelles des enseignants. De même, cette observation ne renseigne pas sur les cadres de référence expérientiel et représentationnel ayant guidé l'action des enseignants (Vincent et al., 2006).

Il est estimé que la pratique déclarée et la pratique effective peuvent dès lors être réfléchies telles des pièces complémentaires couvrant des aspects connexes de la pratique réelle. Ce double plan apparaît de surcroît essentiel si l'objectivation d'un répertoire de pratiques d'enseignement en intégration des ST est envisagée. Ce répertoire, rappelons-le, est constitué d'un lexique d'activités et de pratiques effectives, un bassin potentiel de pratiques pour le dire autrement, auquel les enseignants réfèrent afin de créer et de piloter des situations d'enseignement (Pedretti et al., 2005). À notre avis, seule une étude s'intéressant aux deux plans de la pratique permet de mettre en lumière l'étendue de ce bassin de même que sa prise en charge dans le concret de l'enseignement. De manière complémentaire, la pratique effective rend compte de ce que les enseignants « font », c'est-à-dire les pratiques réellement employées en salle de classe, et la pratique déclarée permet d'avoir accès aux réflexions qui sous-tendent certains choix pédagogiques guidant la pratique. Finalement, le riche portrait de l'action des enseignants qui en résulte offre une compréhension approfondie des pratiques d'enseignement en contexte d'intégration des ST.

2.2.2 Pratiques d'enseignement et activités d'apprentissage

L'objet de cette étude invite à définir davantage le sens attribué au terme « activité » et à mieux décrire sa relation proximale avec celui de pratique d'enseignement.

Dans l'action didactique, le terme d'activité est souvent compris implicitement comme une activité d'enseignement et d'apprentissage. Selon Legendre (2005), ce dernier terme se définit comme « une activité ou mise en situation d'un sujet susceptible de favoriser l'atteinte d'un objectif d'apprentissage spécifique » (p. 12). Thouin (2014) ainsi que Monney et al. (2020) soutiennent que dans l'organisation de l'enseignement et de l'apprentissage, les activités sont d'ordinaire regroupées en « séquence didactique », c'est-à-dire un ensemble d'activités portant sur un même thème, concept ou notion. La séquence se situe donc à un niveau plus « macro » de l'organisation de l'enseignement et de l'apprentissage que l'activité qui se situerait à un niveau intermédiaire entre le « macro » et « micro ». Aussi, le concept d'« activité » est conceptuellement un proche parent de celui de « situation », partageant des éléments en commun, mais s'en distingue à certains égards. À titre d'exemple, Legendre (2005) parle de situation (c.-à-d. d'apprentissage et/ou d'enseignement) comme du contexte où se déroulent les processus d'enseignement/apprentissage qui permettraient aux élèves de cheminer afin d'atteindre des objectifs

spécifiques. Pour Thouin (2014), les situations peuvent donc concerner, à titre d'exemple, des projets, des laboratoires, des problèmes ou des exercices. Définie de la sorte, nous conviendrons donc que la situation est un proche parent d'activité, mais s'en distingue par la complexité de celles-ci qui peut être plus élevée dans le cadre de situations qui recourent à des objectifs multiples. Pour illustrer la chose, les situations-problèmes sont en réalité des situations complexes où les élèves sont amenés à mobiliser des ressources diverses autour d'une tâche complexe ou un projet posant un défi (Astolfi et al., 2008). Dans ce dernier cas de figure, il est possible que les activités subdivisent les situations en plus petites unités de travail. Dans le cadre de cette thèse, nous nous intéressons aux activités d'apprentissage tout en conservant en tête que celles-ci sont généralement organisées en séquences ou en situations particulières. Ce choix nous apparaît pertinent afin de considérer la plupart des possibles en matière de déploiement de l'intégration des ST. Également, l'emploi du terme activité nous est apparu judicieux et nécessaire notamment en raison de son utilisation qui semble faire davantage image et consensus auprès des praticiens⁴⁹.

Complémentairement, les activités sont généralement organisées autour des trois moments ou plutôt trois temps pédagogiques, soit la préparation ou la contextualisation, la réalisation et l'intégration des apprentissages (Monney et al, 2020). La phase de contextualisation met en quelque sorte la « table » pour les apprentissages à venir. Effectuer un retour sur les connaissances antérieures, mobiliser les élèves autour des activités à venir ou encore placer les élèves en situation de résolution de problème constituent de bons exemples des tâches qui d'ordinaire concernent cette phase. La phase de réalisation qui s'ensuit porte sur la « mobilisation » d'un ensemble de connaissances pour réaliser une tâche complexe. Il sera dès lors possible aux élèves de « mobiliser des connaissances disponibles ou encore en construire de nouvelles plus viables ou adaptées au contexte » (Monney et al., 2020, p. 200). Enfin, la phase d'intégration permet d'effectuer un retour sur les apprentissages réalisés afin d'en « fixer l'existence quelque part » (Potvin, 2011, p.35).

En ce qui a trait à la relation entre activité et pratique d'enseignement, il s'agit d'une relation que l'on pourrait considérer d'interdépendance. Legendre (2005) soutient que les pratiques d'enseignement se déroulent « lors de l'activité ou de l'intervention pédagogique » (p. 1066). Elles accompagnent donc la mise en œuvre des activités en salle de classe et concernent la partie opérationnelle de l'agir des

⁴⁹ Lors de la réalisation de la collecte de données en milieu scolaire, il est apparu que les praticiens ne faisaient que rarement de distinction entre les termes d'activité, de leçon et de situation qu'ils emploient de manière interchangeable. Le terme « situation » en particulier ne faisait vraiment pas image pour les enseignants impliqués qui en parlaient péjorativement, essentiellement comme d'une « excentricité » du programme de formation.

enseignants qui repose sur des schèmes d'action particulières à chacun. Une même activité sollicitera donc des pratiques d'enseignement qui seront mobilisées par l'enseignant en fonction de ses schèmes d'action et des conduites pédagogiques à adopter⁵⁰.

2.3 Les objectifs de recherche

L'objectif général de cette recherche est d'identifier les conditions de mise en œuvre et les pratiques d'enseignement soutenant une intégration des ST effective en classe de ST du secondaire. Ainsi, à la lumière des éléments conceptuels présentés, nous formulons les objectifs de recherche spécifiques suivants :

- 1- À partir des critères issus de la définition opérationnelle de l'intégration des ST, identifier des cas d'activités d'apprentissage déployées par des enseignants du secondaire où l'intégration des ST est effective.
- 2- Décrire et analyser chacun des cas retenus à la lumière du cadre descriptif de l'intégration des ST selon 1 — les visées, 2 — la nature et l'ampleur et 3 — l'opérationnalisation de l'intégration en ST.
- 3- Décrire les pratiques d'enseignement (déclarées et effectives) mobilisées par les enseignants pour soutenir la mise en œuvre des activités d'intégration des ST et les analyser en fonction des quatre registres, soit 1—la contextualisation/problématisation des apprentissages, 2 — l'exploration de savoirs disciplinaires et intégrés et le développement d'une connaissance des interactions ST, 3 — l'articulation des démarches ouvertes et centrées sur l'élève ainsi que 4 — l'évaluation et la régulation des apprentissages en ST.
- 4- À partir de l'analyse transversale des cas, dégager les transversalités et les particularités des activités et des pratiques d'enseignement qui ont permis une intégration effective des ST. Ce dernier mouvement d'analyse se conjugue aux sous-objectifs suivants :

⁵⁰ Métaphoriquement, cela renvoie à la relation entre une voiture (c.-à-d. une activité) et son conducteur (c.-à-d. un praticien). Pour arriver à une destination en particulier, l'interaction entre la voiture et un conducteur est impérative, car les actions du conducteur et la prise de décisions en amont assureront à la voiture de se mouvoir jusqu'à son point d'arrivée. Mentionnons que différents véhicules (c.-à-d. des activités différentes) impliqueront à un conducteur de faire des choix ou d'adopter des comportements qui seront sans doute variables en fonction des voitures ou des contextes. De même, différents conducteurs (c.-à-d. des praticiens différents) feront des choix ou adopteront des comportements tantôt similaires, tantôt différents alors qu'ils conduisent un même véhicule (c.-à-d. variable d'un praticien à l'autre).

- 1) Dégager les caractéristiques du contexte didactico-pédagogique entourant la mise en œuvre des activités d'intégration des ST ; préciser et enrichir le cadre descriptif de l'intégration en fonction des résultats émergents.
- 2) En ce qui a trait aux pratiques d'enseignement, déterminer l'importance relative des différents registres de pratique pour la mise en œuvre des diverses activités d'intégration des ST ; expliciter les pratiques d'enseignement qui ont appuyé les activités d'intégration des ST ; valider la légitimité des critères de pratique d'enseignement retenus pour la mise en œuvre spécifique d'activités d'intégration des ST.

CHAPITRE 3

DEVIS MÉTHODOLOGIQUE

La section qui suit aborde la méthodologie qui a été privilégiée par la présente étude. Les objectifs de recherche proposent d'examiner des activités d'apprentissage mises de l'avant par des enseignants de ST où l'intégration des ST est présente. À ce stade, il importe de préciser les paramètres méthodologiques qui prévalent pour de la réalisation de cette étude. Dans un premier temps, il est établi que la recherche sur les activités et pratiques d'intégration des ST fait partie d'une tradition de recherche émergente. La critique méthodologique de quelques-unes des publications-phares du domaine sert de tremplin au positionnement et à l'établissement du cadre opératoire de la présente recherche. Ce cadre est décliné selon la posture épistémologique, le type de recherche, la méthode d'échantillonnage ainsi que les procédures de collecte et d'analyse des données envisagés pour la présente étude. Enfin, une brève présentation des critères de validité de la recherche est proposée.

3.1 Recension des pratiques méthodologiques

La recherche portant sur les pratiques efficaces (ou exemplaires) s'inscrit dans une tradition qui s'établit graduellement et gagne en popularité (Anadón, 2018; SIPE, 2015). Cela a été brièvement évoqué, ce mouvement était originellement une réaction aux modèles classiques et empiriques de recherche en éducation qui ont, par le passé et encore aujourd'hui, du mal à rejoindre les acteurs de terrain et leurs préoccupations (Anadón, 2018; de Vries, 2007; Pedretti et al., 2005). En effet, comme l'indique McComas (2005), « nos investigations [en tant que chercheur] s'orientent autour de questions davantage intéressantes pour la communauté scientifique en elle-même que pour les écoles et les praticiens qui font l'objet de nos études » (Traduction libre, p. XV). De plus, les résultats dévoilés de nombre de publications scientifiques parlent de « pratique typique » ou de « niveau moyen de réussite », mettant à l'avant-plan davantage les problèmes et les écueils que les solutions (*Ibidem*). Or, la recherche sur les pratiques efficaces se veut autrement et propose un *modus operandi* différent. Pour de Vries (2007) et Tobin et Fraser (1990), ce genre d'étude appliquée représente une alternative aux voies traditionnelles de la recherche puisque l'accent est mis sur des réalisations qui inspirent l'innovation en enseignement.

Tableau 3.1 — Perspectives méthodologiques des recherches sur l'efficacité/exemplarité en enseignement des ST

Étude	Option(s) méthodologique(s)	Posture(s) épistémologique(s)	Échantillonnage et Échantillon	Outils de collecte	Procédure d'analyse des données	Extrant(s) de l'étude
Couture et al. (2015); (Dionne et al., 2017)	• Recherche participative (Communauté d'apprentissage [CA])	• Critique et constructiviste	• Participants recrutés sur la base de leur expertise en ST et de leur intérêt pour le domaine • 22 enseignants et 1 conseiller pédagogique répartis en deux CA	• Enregistrements des CA et notes de terrain • <i>A posteriori</i> : explicitation d'exemples (récits) de pratique	• Analyse croisée effectuée par 12 chercheurs spécialistes • Analyse inductive	• Critères de pratiques gagnantes en ST (primaire) • Exemples de pratiques gagnantes en ST
Pedretti et al. (2005)	• Étude de cas multiples	• Qualitative/ Interprétative	• Méthode de nomination couplée à un appel à produire une description d'une leçon (aspect exemplaires); Échantillonnage intentionnel à partir de critères théoriques (typologie de Hodson (1993)) • 10 enseignants (cas) de sciences	• Comptes rendus détaillés des leçons	• Analyse croisée effectuée par 12 chercheurs spécialistes. • Analyse inductive (Théorisation enracinée (Glaser & Strauss, 1967))	• Caractéristiques des pratiques exemplaires en enseignement des sciences
Projet EPSME (Garnett et Tobin (1988); Tobin et Fraser (1988, 1990); Tobin et Garnett (1988); Tobin et al. (1988); Treagust (1991))	• Étude de cas multiples	• Qualitative/ Interprétative	• Échantillonnage intentionnel à partir de critères théoriques • 26 enseignants (13 en sciences et 13 en mathématiques)	• Observations participantes de leçons • Entrevues avec les enseignants et les élèves • Matériel invoqué (Productions d'élèves et matériel pédagogique)	• Analyse des données (en cours) • Analyse croisée effectuée par 13 chercheurs spécialistes	• Formulation de constats attribuables aux enseignants exemplaires
Wilson et Mant (2011a, 2011b)	• Étude mixte (quantitative et phénoménologique)	• Positiviste • Qualitative/ interprétative	• Échantillonnage aléatoire : 5044 élèves du 1 ^{er} cycle du secondaire (volet quantitatif);	• Questionnaire quantitatif (adapté de (Murphy & Beggs, 2003; Pell & Jarvis, 2001) sur l'engagement et la	• Analyses statistiques (questionnaires) • Analyse inductive (Théorisation	• Caractéristiques des enseignants « exemplaires » de sciences (perspective des élèves)

			<ul style="list-style-type: none"> • Échantillonnage intentionnel effectué à partir des résultats du questionnaire quantitatif (volet phénoménologique) : 11 enseignants de sciences 	<ul style="list-style-type: none"> • Groupe de co-développement 	<ul style="list-style-type: none"> • motivation en classe de sciences (26 items) 	<ul style="list-style-type: none"> • enracinée (Glaser & Strauss, 1967)) 	<ul style="list-style-type: none"> • Catégories liées aux pratiques exemplaires (perspective des enseignants)
Charland et al. (2012)	<ul style="list-style-type: none"> • Étude de cas multiples 	<ul style="list-style-type: none"> • Positiviste • Qualitative/interprétative 	<ul style="list-style-type: none"> • Sélection guidée par des critères théoriques (Berliner, 2001) couplée à méthode de nomination • 8 cas d'enseignants experts 	<ul style="list-style-type: none"> • Questionnaire validé (données sociodémographiques et fréquence d'utilisation de pratiques cibles) • Observations en salle de classe 		<ul style="list-style-type: none"> • Analyse à partir d'un lexique constitué <i>a priori</i> (<i>Educational Practices Inventory</i> (Valentine & Painter, 1996)) • Analyse statistique des données (Questionnaire) 	<ul style="list-style-type: none"> • Proportionnalité de l'utilisation (temps) de différentes stratégies d'enseignement chez les enseignants experts en ST
de Vries (2007)	<ul style="list-style-type: none"> • Étude de cas multiples 	<ul style="list-style-type: none"> • Qualitative/interprétative 	<ul style="list-style-type: none"> • Sélection par des « experts » (nomination) • 8 cas situations d'enseignement 	<ul style="list-style-type: none"> • Récits ou histoires de pratique 		<ul style="list-style-type: none"> • Analyse croisée effectuée par (11) experts • Analyse inductive (Théorisation enracinée (Glaser & Strauss, 1967)) 	<ul style="list-style-type: none"> • Caractéristiques de bonnes pratiques en technologie

Différentes perspectives méthodologiques inhérentes à la recherche sur les pratiques efficaces en ST peuvent être dégagées. La première perspective s'inscrit dans le courant de recherche portant sur l'efficacité en enseignement des sciences, notamment révélée par les travaux de Pedretti et al. (2005), de Wilson et Mant (2011a, 2011b), de Couture et al. (2015); Dionne et al. (2017) ainsi que ceux produits dans le cadre du projet de recherche australien *The exemplary practices in science and mathematics education* (EPSME) (Garnett & Tobin, 1988; Tobin & Fraser, 1988, 1990; Tobin & Garnett, 1988; Tobin et al., 1988; Treagust, 1991). La proposition explicitée antérieurement de Hackling et Prain (2005) ne peut, pour sa part, être utilisée pour effectuer un positionnement méthodologique, car celle-ci n'est pas une recherche empirique, mais un exercice de définition qui s'appuyait sur des éléments curriculaires et scientifiques. La seconde perspective présente les quelques méthodologies de recherche qui se sont intéressées à l'exemplarité en éducation technologique. Celle-ci est plus concrètement ponctuée par les recherches de Charland et al. (2012); de Vries et al. (2007). Le Tableau 3.1 ci-dessus explicite ces perspectives en déclinant les études sous-jacentes en fonction des options méthodologiques, de la posture épistémologique, de la procédure d'échantillonnage, de la taille de l'échantillon, des outils de collecte employés, de la procédure d'analyse des données et des extrants produits par ces études. Les deux perspectives méthodologiques présentées tendent à appuyer ou à nuancer, par les convergences ou les divergences qu'elles mettent en exergue, certains choix méthodologiques de la présente étude. Ainsi, la critique de ces dernières méthodologies sert plus spécifiquement d'appuis pour justifier différents choix de recherche opérés en section 3.2.

3.2 Choix méthodologique : l'étude de cas multiples

La considération de travaux analogues déjà réalisés dans le domaine soutient de faire appel à une méthodologie à visée exploratoire très commune en recherche interprétative, soit l'étude de cas ou, plus spécifiquement, une de ses déclinaisons, soit l'étude de cas multiples (multicas) (Karsenti & Demers, 2018; Merriam, 1988; Roy, 2010). La présente section pousse la réflexion en explicitant davantage ce choix et le décline en fonction de la posture épistémologique retenue et du type d'étude de cas choisi.

3.2.1 La posture épistémologique

L'adhésion à une posture épistémologique est un choix névralgique à l'intérieur de la définition d'un cadre méthodologique. En effet, ce dernier choix se réverbère dans les décisions qui s'ensuivent en matière d'opérationnalisation de la méthodologie, notamment en lien avec la collecte et l'analyse des données (Savoie-Zajc & Karsenti, 2018). Pour Anadón (2018) ainsi que Fortin et Gagnon (2022), la façon de poser

son problème et sa question de recherche doit s'aligner à la posture épistémologique particulière à l'intérieur de laquelle le chercheur s'inscrit. Afin d'appuyer plus solidement ce choix, il s'avère stratégique de comparer les méthodes employées par les études analogues. Ainsi, les méthodologies exposées en section 3.1 s'inscrivent pour la plupart, ou presque (Charland et al., 2012; Couture et al., 2015; Dionne et al., 2017; Wilson & Mant, 2011a), dans une posture épistémologique interprétative. Cette posture semble par conséquent bien adaptée à l'étude des pratiques d'enseignement ainsi qu'aux contextes d'activités desquels elles découlent. De surcroît, il est intéressant de constater que même les études qui ne se sont pas exclusivement inscrites dans ce paradigme y ont tout de même fait appel lors de l'un ou l'autre de ses mouvements de recherche. Ce dernier fait laisse présager que la recherche sur cet objet requiert un « passage » obligé par l'intérieur du phénomène. Cela signifie notamment pour Savoie-Zajc (2018) de comprendre un phénomène et sa dynamique grâce au « sens qu'une personne donne à son expérience » (p.192).

Ainsi, nous adoptons une posture épistémologique interprétative. Celle-ci teinte d'ailleurs le contexte de cette étude de même que la question de recherche. En effet, celle-ci vise la saisie de significations et d'actions spécifiques, en l'occurrence des pratiques et des activités d'enseignement, à l'intérieur d'un groupe social particulier, les enseignants de ST (Merriam, 2009; Savoie-Zajc, 2011, 2018). De plus, Savoie-Zajc (2018) indique que deux éléments conduisent à un emploi approprié d'une posture de recherche interprétative en éducation, soit l'accessibilité des résultats produits par la recherche et, ensuite, de l'interactivité. Le premier facteur s'incarne plus spécifiquement par une certaine proximité, avec la réalité de terrain, du chercheur et des objets de la recherche de telle sorte que les résultats soient intimement liés à cette réalité et ses dynamiques (Savoie-Zajc, 2018). À cet effet, rappelons que l'essence de ce projet découle d'une volonté très pragmatique de dégager les conditions de mise en application de l'intégration en classe de ST au secondaire. Ainsi, les extraits rattachés à ce projet servent le milieu de l'éducation et ses acteurs. Les résultats produits sont en cohérence avec ce milieu et permettent d'éclairer une problématique scolaire tout en offrant des pistes de travail crédibles soutenant l'ajustement des pratiques. Le second facteur, l'interactivité, suppose que la pertinence de la recherche repose sur la prise en compte des interactions que les individus établissent entre eux et avec leur environnement. Le choix de l'étude de cas est en soi une manière de répondre à cette attente d'une recherche s'inscrivant dans une épistémologie interprétative, et ce, étant donné qu'elle permet justement une compréhension riche et

approfondie de la dynamique (fonction de l'interactivité) d'un phénomène social (Yin, 2014). Ainsi, la section suivante s'attarde davantage à l'explication de cette dernière approche de recherche.

3.2.2 L'étude de cas

Six intentions fondamentales, comme le résume Thouin (2014, 2017), peuvent animer l'activité scientifique, soit d'explorer, de décrire, d'expliquer, de prédire, de développer et d'unifier. Ces visées trouvent leur pendant dans les recherches conduites en didactique et, plus largement, en éducation. À l'instar du positionnement épistémologique, c'est encore une fois la question de recherche qui permet de se situer face à ces intentions et, du même souffle, d'orienter le chercheur vers le choix du type de recherche le plus pertinent. Or, le problème de recherche mis en lumière dans la présente étude s'aligne, dans son essence, à une intention d'exploration du phénomène particulier des activités d'intégration des ST et des pratiques d'enseignement qui s'y rattachent. En effet, le caractère exploratoire d'une recherche permet de combiner des visées de description, d'analyse et d'explication; son caractère distinctif repose en fait sur le côté provisoire des propositions découlant de ces recherches (Thouin, 2014). Évidemment, cela a été soulevé à maintes reprises, la nature particulièrement située et adaptative de notre objet favorise justement une perspective de recherche où les idées sont transitoires et évolutives. Parmi les types de recherche qui siéent bien à cette visée fondamentale, l'étude de cas (interprétative) est bien adaptée aux contextes de la présente étude et, plus largement, aux impératifs des recherches exploratoires (Merriam, 2009).

Notre recension méthodologique nous a également orientés vers ce chemin. En effet, hormis la première portion de l'étude de Wilson et Mant (2011a) qui a fait appel à une méthodologie quantitative pour explorer la perspective des élèves sur l'exemplarité⁵¹ ainsi que celle de Couture et al. (2015); Dionne et al. (2017) qui ont adopté une approche de recherche participative, on remarque aisément que la plupart des recherches, reprennent l'idée que davantage peut être appris à partir de l'étude de cas d'activités ou d'enseignants. Toutefois, il ne semble pas y avoir de réel consensus quant à la détermination de l'unité d'analyse (le cas). Pour de Vries et al. (2007) et Pedretti et al. (2005), les cas à l'étude sont des récits de pratique tandis que pour d'autres (Charland et al., 2012; Tobin & Fraser, 1990) les cas sont en fait des

⁵¹ Wilson et Mant (2011b) ont toutefois eu recours à une recherche de théorisation enracinée (Glaser & Strauss, 1967) lors de la deuxième phase de leur étude investiguant la perspective enseignante.

enseignants. Pour nous éclairer dans la mise en œuvre de cette approche de recherche, il importe de mieux comprendre les tenants et aboutissants de celle-ci.

Selon Mucchielli (1996), « l'étude de cas est une technique particulière de cueillette, de mise en forme et de traitement de l'information qui cherche à rendre compte du caractère évolutif et complexe des phénomènes concernant un système social comportant ses propres dynamiques » (p.77). Van der Maren (1995) et Demers (2011) résumant la chose et spécifient que l'étude de cas est dans sa plus simple expression une méthode qui permet de porter un regard croisé et approfondi sur un objet de recherche. Elle consiste « à rapporter une situation réelle prise dans son contexte, et à l'analyser pour voir comment se manifestent et évoluent les phénomènes auxquels le chercheur s'intéresse » (Collerette, 1996, p.77). Elle peut être employée lorsque le découpage entre le phénomène à l'étude et le contexte dans lequel il s'inscrit est imprécis (Demers, 2011; Stake, 1995; Yin, 1994). L'étude de cas s'intéresse généralement à un nombre limité de sujets, mais « en colligeant un grand nombre d'informations et d'observations sur chacun d'eux et leur contexte » (Roy, 2010, p.205). De plus, cette méthode de recherche peut être utilisée de façon exploratoire (inductive) ou confirmatoire (déductive) en fonction des objectifs de recherche (Karsenti & Demers, 2004; Roy, 2010). Par ailleurs, l'étude de cas n'est pas associable, d'emblée, à l'un ou l'autre des pôles épistémologiques puisque, comme le mentionnent Karsenti et Demers (2004), c'est

une méthode de recherche flexible qui permet au chercheur de se positionner où il veut sur le continuum qualitatif-quantitatif, en fonction de ses objectifs de recherche [...] elle peut donc être positive, interprétative ou critique, selon la position épistémologique et la méthodologie empruntées par le chercheur. (p.210)

À ce propos, les principaux écrits théoriques portant sur l'étude de cas font couramment référence aux travaux charnières de Merriam (1988), de Stake (1995, 2000) et de Yin (1994) qui ont le plus influencé les perspectives contemporaines de cette méthode de recherche (Karsenti & Demers, 2004, 2011; Robson, 2002). Chacun de ces derniers auteurs ont développé une approche de l'étude de cas, généralement éponyme (c.-à-d. que l'on désigne par leur nom), qui renvoie à des positions épistémologiques, des méthodes et des approches différentes (Karsenti & Demers, 2004).

Comme explicité précédemment, cette recherche se positionne dans un courant interprétatif, ce qui se répercute dans le type d'approche d'étude de cas à sélectionner. Ainsi, c'est à Merriam (1988) que l'on doit le développement d'une perspective qualitative/interprétative de l'étude de cas. Cette dernière

approche semble toute désignée pour le présent devis de recherche puisqu'elle offre la perspective « la plus prometteuse en termes d'avancement de la pratique éducative » (Karsenti & Demers, 2011, p.232; Merriam, 2009). En substance, celle-ci permet de remonter, par une procédure inductive, à la généralisation de concepts, de modèles ou d'hypothèses à partir d'un ou plusieurs « cas » rattachés à un phénomène en particulier (Roy, 2010, p.206; Savoie-Zajc & Karsenti, 2004, p.211). Autrement posé, ce type de recherche vise à explorer, à décrire et/ou à analyser un contexte tel qu'un milieu, un ensemble de phénomènes, des documents, des façons de procéder ou des interactions entre des personnes (Thouin, 2017). Les données sont généralement recueillies auprès « d'un seul sujet (ou document) ou d'un très petit nombre de sujets (ou de documents), en vue de proposer un modèle provisoire qui permet une description systématique, une classification ou une théorisation » (Thouin, 2017, p.111). L'étude de cas décrite par Merriam (1988) est fonction de quatre caractéristiques; elle est spécifique (s'intéresse à une situation, programme, événement ou phénomène), descriptive (produit une description riche et détaillée d'un phénomène), heuristique (permet une compréhension du phénomène à l'étude) et inductive (favorise l'émergence de concepts, d'hypothèses ou généralisations sur un phénomène). Cette thèse propose une description détaillée d'activités intégrées ST et les pratiques d'enseignement qu'elles mettent en lumière. Cette description sert à étayer notre compréhension d'un enseignement intégré des ST.

Cette brève description de l'approche met en exergue l'importance accordée par cette méthode à son unité d'analyse : le cas. Ce dernier peut être simple ou complexe et peut virtuellement être n'importe quoi (Stake, 2000) : une situation, un individu, un groupe ou encore une organisation. Certaines études peuvent de surcroît s'intéresser à plus d'un cas comme dans une étude de type multicas ou de cas multiples (Robson, 2002). À ce propos, afin d'enrichir la compréhension du phénomène étudié, ce projet de recherche compte s'appuyer sur la description et l'analyse de plusieurs cas d'activités d'intégration des ST. Il apparaît donc opportun d'explicitier ce second choix méthodologique. Mucchielli (1996) précise que ce type d'étude de cas est fréquemment utilisé par des recherches utilisant une approche inductive (exploratoire). Selon Merriam (2009), « ce type d'étude implique de colliger et d'analyser des données à partir de plusieurs cas » (p.49). Celle-ci « a pour but de découvrir des convergences entre plusieurs cas, tout en contribuant à l'analyse des particularités de chacun des cas » (Karsenti & Demers, 2004, p.215). Plus concrètement, l'étude de cas multiples consiste « à identifier des phénomènes récurrents parmi un certain nombre de situations; après avoir observé et analysé chaque situation pour elle-même, les résultats obtenus sont comparés afin d'en dégager les processus récurrents » (Mucchielli, 1996, p.79).

L'avantage majeur de cette approche est donc son potentiel accru de transférabilité ou de généralisation qui confère aux résultats la validité externe requise pour approfondir l'interprétation (Yin, 1994). Opérationnellement, l'adhésion de la présente recherche à l'étude de cas multiples a engendré des répercussions principalement sur la collecte et la procédure d'analyse des données. En effet, la procédure de collecte a été répétée avec chacun des cas sélectionnés tandis que l'analyse s'est faite à deux niveaux, d'abord sur une base individuelle (chacun des cas) et, par la suite, sur une base collective (l'ensemble des cas). La prochaine section s'attarde donc à expliciter davantage ces procédures de collecte et d'analyse des données de recherche.

3.3 Opérationnalisation méthodologique

Il importe que la sélection de l'étude de cas multiple de type interprétatif trouve écho dans l'opérationnalisation de ce choix méthodologique, notamment dans les étapes de collecte et d'analyse qui respectivement permettent de colliger et de mettre en forme les données de recherche. Ce type de recherche peut comporter des données quantitatives, qualitatives, ou mixtes selon les impératifs de la recherche (Thouin, 2017). Néanmoins, une certaine préférence ou affinité est tout de même observée pour les données de nature qualitatives (*ibid.*), ce que l'appareillage méthodologique utilisé a permis de recueillir. Opérationnellement, l'étude de cas se résume souvent à la réalisation de trois phases (Karsenti & Demers, 2011) : la planification, la collecte de données et l'analyse des données recueillies. Dans cette section, la phase de planification est présentée et s'attarde principalement à la procédure menant à la sélection des cas à l'étude. Par la suite, la stratégie générale de collecte des données est explicitée ainsi que les outils qui la composent, soit l'entrevue semi-dirigée, l'observation en situation et l'analyse du matériel écrit. Enfin, la dernière portion présentée contient la description de l'essentielle phase d'analyse des données.

3.3.1 Sélection des cas

Afin de sélectionner les participants, il s'est avéré stratégique d'utiliser une méthode d'échantillonnage intentionnel de nomination par des experts ou des supérieurs hiérarchiques (Karsenti, 2002; Raby, 2004). Merriam (2009) rapporte qu'en recherche qualitative, il est de sens commun de faire appel à une méthode non probabiliste, dont la forme la plus commune est l'échantillonnage intentionnel. Quinn Patton (2002) ajoute que :

La logique et le pouvoir de l'échantillonnage intentionnel proviennent de la compréhension en profondeur qu'il permet. Cela mène à la sélection de cas riches en informations [...] à partir desquels on peut apprendre beaucoup de choses à propos du sujet central de la recherche. (Traduction libre, p.46)

Cette méthode a été notamment utilisée dans divers travaux de recherche analogues et, plus largement, en science de l'éducation (Charland et al., 2012; de Vries, 2007; Garnett & Tobin, 1988; Karsenti, 2002; Pedretti et al., 2005; Raby, 2004; Tobin & Fraser, 1988, 1990; Tobin & Garnett, 1988; Tobin et al., 1988; Treagust, 1991). Cette méthode est apparue plus appropriée que celle plus laborieuse et onéreuse en temps de Wilson et Mant (2011b) qui a eu recours à une procédure quantitative pour sélectionner leurs participants⁵². Raby (2004) émet toutefois une mise en garde quant à son application. En fait, la méthode de nomination par les pairs ne permet pas d'assurer systématiquement la saillance des candidats proposés puisque les « recommandeurs » n'ont qu'une perception subjective du niveau d'habiletés de leurs pairs. Dans la même veine, hormis la mention d'emploi de critères de sélection, il est remarqué que les études analogues de la recension (section 3.1) ne précisaient pas de mécanisme de validation permettant d'assurer la saillance de chacun des cas eu égard au problème de recherche (Charland et al., 2012; de Vries et al., 2007; Pedretti et al., 2005; Tobin & Fraser, 1990). Cette limite est d'autant plus importante puisque c'est justement l'intérêt intrinsèque de chacun des cas qui justifie l'emploi de l'étude de cas (Merriam, 2009).

Dès lors, il a été mis en place, à l'instar de Raby (2004), un processus de sélection plus rigoureux qui a fait appel à un entretien de présélection des candidats. Concrètement, deux étapes décrivent la procédure d'échantillonnage. Des personnes clés du milieu scolaire (directeurs d'école (n = 12) ou de services éducatifs (n = 3), conseillers pédagogiques (n = 3), etc.) ou académique (chercheurs universitaires (n = 3)) ont d'abord été sollicitées afin d'identifier des enseignants de ST ayant élaboré des activités d'enseignement/apprentissage pertinentes eu égard à la mise en œuvre de l'intégration des ST. Des critères de sélection ont également été fournis pour préciser davantage la recherche de cas pertinents, soit des activités 1) qui proposent une articulation des sciences et de la technologie, et ce, en fonction des combinaisons possibles de savoirs et de démarches et 2) qui offrent un contexte (un problème, un projet,

⁵² L'étude de Wilson et Mant (2011b) établissait l'efficacité en fonction d'un « effet élève ». En l'occurrence, qu'un enseignement exemplaire permettrait de susciter de l'enthousiasme, de l'engagement et de la motivation chez les élèves afin d'agir au final positivement sur la réussite scolaire. Rappelons que cette perspective présente des limites et ne peut dès lors être considérée pour servir d'étalon dans le cadre de cette étude.

un thème, un enjeu) à l'intérieur duquel les apprentissages sont articulés. En fonction des contextes, un courriel a été envoyé aux enseignants identifiés qui permettaient de prendre contact avec eux ainsi que d'explicitier les critères de qualification des activités recherchées (voir annexe IX- Courriel de sélection). Il a été également possible de s'adresser directement à tous les enseignants de ST d'une (seule) commission scolaire lors d'une activité de fin d'année afin de leur présenter ces mêmes contenus. À la suite de ces interventions, un entretien de présélection a ensuite été réalisé auprès des personnes recommandées ou rencontrées ayant manifesté de l'intérêt à participer à la présente recherche. Cet entretien visait à s'assurer auprès des participants potentiels du respect des critères précédemment énoncés ainsi qu'à discuter plus en détail du scénario des activités afin d'écarter celles qui auraient été trop « similaires » ou qui ne se qualifiaient tout simplement pas⁵³. Au terme du processus, cinq (5) cas d'activités ont été retenus et quatre (4)⁵⁴ ont été en mesure de se rendre jusqu'au bout de la démarche.

3.3.2 Procédure de collecte des données

Merriam (2009) stipule que l'étude de cas ne fait pas explicitement et systématiquement appel à un type d'outil de collecte en particulier; la sélection repose plutôt sur le besoin d'enrichir la description de phénomène à l'étude. Sur ce volet particulier, le portrait qui se dégage de la recension méthodologique est moins convergent sujet du nombre et du type d'instrument à utiliser. En fait, bon nombre d'études s'appuient sur un seul instrument de collecte tel que le récit de pratique ou des annotations personnelles. À nos yeux, ce type et ce nombre d'instruments sont insuffisants en étude de cas, limitant en fait la compréhension de ceux-ci à la pratique déclarée ou effective et diminuant la crédibilité des résultats produits qui ne peuvent être triangulés par plusieurs outils. Dès lors, à l'instar du projet EPSME (Garnett & Tobin, 1988; Tobin & Fraser, 1988, 1990; Tobin & Garnett, 1988; Tobin et al., 1988; Treagust, 1991) et de l'étude de Charland et al. (2012), l'emploi de plusieurs outils de collecte a été privilégié, en l'occurrence l'observation en situation, l'entrevue semi-dirigée et le matériel écrit ou invoqué. La procédure de collecte a été appliquée consécutivement et de façon similaire pour chacun des participants.

⁵³ Six cas (activités) potentiels ont été retranchés par lors de l'entretien de pré-sélection.

⁵⁴ Une candidate s'est retirée du projet en raison du chevauchement de la collecte prévue avec l'avènement de crise de la COVID-19.

3.3.2.1 Observation en situation

En recherche interprétative, l'observation en situation constitue un mode important de collecte de données qui vise avant tout comprendre la signification que les acteurs attribuent à leurs pratiques (Martineau, 2005; Savoie-Zajc, 2011). Elle se définit comme étant « un outil de cueillette de données où le chercheur devient le témoin des comportements des individus et des pratiques au sein des groupes en séjournant sur les lieux mêmes où ils se déroulent » (Martineau, 2005, p.6). Dans le contexte de cette recherche, elle satisfaisait au besoin d'aller voir comment, dans la classe de ST, se mobilisent les activités d'intégration des ST et les pratiques d'enseignement.

Concrètement, des séances d'observation ont été faites en classe avec le même groupe lors de la mise en œuvre de chaque activité en lien avec notre thématique de départ, soit l'intégration des ST (identifiée par l'entretien de présélection). Le nombre de séances d'observation a été variable d'un cas à l'autre et dépendait de la durée de chacune des activités (voir Tableau 4.1 — *Présentation synthèse des cas étudiés* pour la durée de chacune des activités). Pour chaque activité, l'ensemble des périodes de mise en œuvre qui se sont déroulées en salle de classe a été observé. Durant ces séances, le chercheur occupait la position d'un observateur passif (Savoie-Zajc, 2011) ou d'un observateur complet (Martineau, 2005; Merriam, 2009). Ce rôle suppose que le chercheur ne fait qu'observer et ne prend aucunement part à l'action. Les séances d'observation ont été enregistrées par un dispositif numérique de captation vidéo, ce qui a permis de pallier, du moins en partie, la capacité limitée d'observation du chercheur (Martineau, 2005). À partir de ce point, deux traitements des observations ont été subséquemment employés.

Le premier traitement, relevant des objectifs de recherche 2 et 3, a été davantage de nature inductive et qualitative. Comme le mentionne Savoie-Zajc (2004), souvent « l'observation ne s'effectue pas avec une grille d'observation très structurée [...] le chercheur définit plutôt une unité d'observation qui permet d'extraire des données des comportements observés et qui fournit une règle d'observation » (p.135-136). En ce qui a trait à la présente étude, les pratiques d'enseignement déployées ainsi que les caractéristiques importantes des activités d'intégration des ST, ont constitué la base de notre unité d'observation. Lors des séances observées, des notes de terrain, de formes méthodologiques, théoriques (analytiques) et descriptives, ont été prises et colligées dans une première grille d'observation. Ces dernières formes de note renseignent respectivement sur le déroulement des opérations de la recherche, sur les interprétations théoriques émergentes (construction du sens) et sur certaines variables de terrain (lieu,

acteurs, environnements, etc.) (Deslauriers & Mayer, 2000; Laperrière, 2010; Martineau, 2005). La grille d'observation qui en découle est, plus spécifiquement, déclinée en fonction des rubriques de cadre descriptif de l'intégration (c.-à-d. visée(s) de l'activité, opérationnalisation, forme(s) d'intégration repérées (concepts, démarches, disciplines, techniques) et des critères de pratiques d'enseignement (c.-à-d. contextualisation, apprentissages [disc/int], démarches ouvertes et évaluation, rôle(s) des élèves et rôle(s) de l'enseignant). De surcroît, la grille d'observation prévoyait aussi la tenue de notes réflexives, s'apparentant à celles produites dans un journal de bord, qui consignent les pensées du chercheur, ses impressions, etc. (Laperrière, 2010). À des fins de consultation, ladite grille d'observation est présentée en annexe I.

Le second traitement consiste en la rédaction du synopsis de chacune des activités étudiées. Ce traitement a été réalisé après les différentes observations sur le terrain. Cette méthode proposée initialement par Schneuwly et al. (2006), consiste :

à traiter et à concentrer les données recueillies dans la classe et puis transcrites de manière à saisir, d'une part, les principales caractéristiques de l'objet tel qu'il fonctionne dans la classe; d'autre part, les contraintes textuelles et les dispositifs didactiques qui interviennent dans sa construction; enfin l'ordre et la hiérarchie dans la présentation de l'objet enseigné, grâce à la vision holistique de la séquence de travail dans laquelle celui-ci s'inscrit et se déploie (p.175)

En d'autres termes, rédiger le synopsis d'activité d'enseignement consiste, comme le décrivent Falardeau et Simard (2011), « à réduire la masse des données recueillies en classe en une unité saisissable sous forme de scénarios, à découper les éléments dans la séquentialité du déroulement de l'enseignement et à hiérarchiser les éléments découpés en sous-éléments ordonnés » (p.102). Ainsi, pour la présente étude, le regard porté sur l'activité enseignante vise à décrire le plus fidèlement possible les différents aspects d'intérêt liés aux activités d'intégration, notamment en lien avec le cadre descriptif proposé à la section 2.1.4, de même que les pratiques d'enseignement relatives aux critères établis en section 2.1.5. Opérationnellement, un découpage a d'abord été réalisé en fonction des différents niveaux des activités qui correspondent ici aux étapes de macroplanification (à l'échelle de l'activité) et de microplanification (à l'échelle de la période), notamment en fonction des phases proposées en section 2.2.2.

Niveaux	Repères	Matériel	Description	Intégration des ST
Observation	Minutage			Cadre descriptif de l'intégration (catégorie émergente) / Pratiques d'enseignement
1 Phase de contextualisation de l'activité (Macro)				
1.1	P1-1 [00:00-17:27]	Classe régulière Cahier de l'élève	Contextualisation du cours #1: Introduction (sommaire) à l'activité par l'enseignante L'enseignante [Carole] accueille les élèves en classe avant le début du cours. L'enseignante discute oralement avec les élèves afin de positionner l'activité du compteur d'eau par rapport aux autres projets de technologie réalisés durant l'année (notamment celui du MIM) et des quelques (nouveaux) défis qui se présenteront à eux lors de cette activité. L'enseignante distribue le document (cahier de l'élève); les élèves auront à compléter individuellement le cahier bien qu'ils auront à travailler en équipe. Elle spécifie que la cahier conserve les traces « finales » et donc de ne pas écrire à l'intérieur avant d'être certain que ce soit les bonnes informations. L'enseignante donne beaucoup d'information sur les modalités et exigences par rapport à la marche à suivre pour les élèves lors de l'activité (avant même de parler du projet en soi): parle de l'évaluation, de la date de fin du projet (bien que le nombre de cours ne soit pas défini), etc. Enfin, Carole mentionne que les productions, un peu comme le DGI, seront idiosyncratiques c'est-à-dire qu'elles seront différentes d'une équipe à l'autre.	Rub 2-Nature en ampleur de l'intégration: L'activité se déroule sur sept (9) périodes de 75 minutes.
1.2	P1-1 [17:27-24:14]	Classe régulière Cahier de l'élève P1 Animation vidéo du compteur d'eau	Visionnement de l'animation vidéo du compteur d'eau L'enseignante [Carole] lit avec les élèves la première partie du cahier de l'élève. Elle explique que dans un premier temps, les élèves devront regarder l'animation du compteur d'eau afin de faire l'analyse technologique de ce dernier (genre de pratique de l'examen du ministère). Lors du visionnement en groupe, l'enseignante mentionne les caractéristiques de la tâche qu'ils auront à faire pour leur examen de fin d'année. Après une partie d'écoute commentée, l'enseignante laisse la vidéo en marche pour le reste de la période afin que les élèves s'y réfèrent pour compléter les parties de l'analyse technologique du cahier de l'élève.	PE-Démarche L'enseignante commente oralement différentes caractéristiques qu'il est possible d'observer sur la vidéo du compteur d'eau.

Colonne de codage des supports

Résumé narrativisé de l'activité (2^e niveau; [n,n])

Colonne portant sur l'analyse des activités d'intégration

Colonne portant sur l'analyse des pratiques d'enseignement

Colonne du repérage de chacun des minutages

Colonne du codage séquentiel et hiérarchique

Figure 3.1 — Composition tabulaire des analyses synoptiques des activités (cas) d'intégration des ST

Ce premier découpage correspond à ce que Schneuwly et al. (2006) désignent comme la première étape de la démarche générale où les éléments textuels et descriptifs des synopsis sont précisés afin de restituer simultanément le discours de l'enseignant et les chaînes d'actions (Falardeau & Simard, 2011). Par la suite, le repérage de chacun des minutages et des supports auxquels réfère chaque niveau hiérarchique ont été effectués. Enfin, un dernier repérage a été fait en fonction des composantes des activités d'intégration et des pratiques d'enseignement. Selon les principes balisant la démarche du synopsis (Falardeau & Simard, 2011; Schneuwly et al., 2006), ce dernier mouvement se voulait davantage analytique et interprétatif que les mouvements précédents, essentiellement orienté par le cadre conceptuel. Les catégories employées correspondaient à celles déclinées en chapitre II; les abréviations des rubriques et des pratiques d'enseignement étaient utilisées afin de simplifier la codification de l'information (*p.ex.* Rub 2-Nature et ampleur, PE-Démarche)⁵⁵.

En fin de compte, les notes de terrain de même que les synopsis des activités ont constitué, comme le suggère Merriam (2009), « les données brutes à partir desquelles vont émerger les résultats de l'étude » (p.128). Enfin, Laperrière (2010) appuie le fait que l'observation directe est généralement conjuguée à d'autres outils de collecte, tels que l'entrevue et des sources de données subsidiaires (matériel écrit), afin d'approfondir les faits observés et aussi de pouvoir éviter les biais méthodologiques induits par l'un ou l'autre des outils (Savoie-Zajc & Karsenti, 2018).

3.3.2.2 Entrevue semi-dirigée

L'entrevue semi-dirigée est le second outil qui a été employé dans le cadre de la présente étude. Ce terme comporte deux étiquettes qu'il importe d'explicitier, soit celle d'« entrevue » et de « semi-dirigée ». Le terme « entrevue » réfère à l'instrument de collecte dans son sens large. Savoie-Zajc (2009) propose d'adopter la définition suivante de l'entrevue :

Une interaction verbale entre des personnes qui s'engagent volontairement dans pareille relation afin de partager un savoir d'expertise, et ce, pour mieux dégager conjointement une compréhension d'un phénomène d'intérêt pour les personnes en présence. (p.339)

A priori, le choix de cet outil semble une piste prometteuse quant à son lien avec les objectifs de l'actuelle recherche puisque l'entretien ouvre la porte à une compréhension et une connaissance de l'intérieur des dilemmes et des enjeux auxquels font face les acteurs sociaux (Karsenti & Savoie-Zajc, 2004; Poupart, 1997). De plus, comme le mentionne Poupart (1997, p.175) :

⁵⁵ La démarche d'analyse est plus exhaustivement présentée en section 3.3.3.

l'entretien serait indispensable, non seulement comme méthode pour appréhender l'expérience des autres, mais également comme outil permettant d'éclairer leurs conduites dans la mesure où ces conduites ne peuvent s'interpréter qu'en considération de la perspective même des acteurs, c'est-à-dire du sens qu'eux-mêmes confèrent à leurs actions

ce que font remarquer également Mayer et Saint-Jacques (2000). Cette dernière dimension est particulièrement importante dans le cadre de cette recherche puisque les entretiens serviront principalement à étayer la compréhension des enseignants de leurs pratiques (conduites). Le second terme « semi-dirigée » réfère au style retenu qui dans le cas présent signifie que l'enquêteur aura plus de flexibilité dans le déroulement de l'entrevue; il aura la possibilité d'orienter les discussions vers les grands thèmes de la recherche tout en laissant la latitude nécessaire à l'interviewé pour nuancer et expliciter ses positions.

Concrètement, deux entrevues ont eu lieu, soit une au début (*a priori*) et une autre à la fin de l'étude (*a posteriori*). Chacune de celles-ci a été accompagnée d'un guide d'entretien comportant une série de questions ouvertes. L'entrevue *a priori* a été réalisée avant la première séance d'observation; elle a servi à colliger certaines variables sociodémographiques relatives à l'enseignant (âge, sexe, formation initiale, nombre d'années d'expérience, niveau(x) enseigné(s), etc.), à expliciter la vision des ST, de leur enseignement et des manières de les articuler de manière intégrée, des différentes dimensions de leurs pratiques d'enseignement ainsi qu'à la description de l'activité qui sera observée. L'ordonnement des sections respecte une logique qui permet de passer du général au particulier (Mayer & Saint-Jacques, 2000). Ainsi, les questions plus générales sur l'enseignement des sciences servent d'assise à celles plus spécifiques à l'intégration, aux pratiques d'enseignement s'y rattachant et à leur prise en charge dans une activité particulière. S'inspirant de l'ingénierie didactique (Artigue, 1989), l'entrevue *a posteriori* est survenue à la toute fin et a servi à comprendre la réflexion sous-jacente à certains choix pédagogiques et didactiques qui ont été observés lors de la mise en œuvre. Chaque entrevue *a posteriori* comportait des questions plus génériques, adressées à tous les participants, ainsi que d'autres spécifiques à chacun des cas. Le guide d'entretien de l'entrevue *a priori* est disponible en annexe III *Guide d'entretien- Entrevue a priori* tandis que ceux des entretiens *a posteriori* sont présentés en annexe VIII *Guides d'entretien- Entrevues a posteriori*. Après chaque entrevue, un rapport a été rédigé de façon rigoureuse et a permis de consigner des éléments comme le climat et le déroulement de l'entrevue, l'attitude générale de l'individu, les éléments évités ou développés davantage ainsi que les pistes d'analyse émergentes (Annexe II *Feuille de route- Entretien semi-dirigé*). Les entrevues ont été enregistrées à l'aide d'un microphone et, par la suite, consignées sous forme de *verbatim*. Ce *verbatim* a servi de support à l'analyse des résultats.

3.3.2.3 Matériel écrit

Lors des séances d'observation, les enseignants ont utilisé divers artéfacts de matériel pédagogique tels que des cahiers d'activité, des documents de planification ou des diapositives de présentation PowerPoint. Il est d'ailleurs commun que les recherches qualitatives réalisées en didactique comportent des données « visuelles » de la sorte (Thouin, 2014). Savoie-Zajc (2011) suggère le terme de matériel écrit pour désigner ce genre de données et précise que cela constitue « un matériau riche de sens pour qui prend le temps de l'étudier et se donne les moyens de le décoder » (p.136). Merriam (2009) ajoute que la force d'un tel outil de collecte repose sur le fait que ce matériel n'est pas assujéti aux mêmes limitations que la plupart des instruments. En effet, les artéfacts recueillis sur le terrain n'ont généralement pas été produits « pour » la recherche, ce qui peut pallier l'« effet de désirabilité » induit, à titre d'exemple, par l'entrevue ou l'observation. Par ailleurs, le matériel écrit est en soi une source de données facilement accessible et disponible, ce qui permet de faire l'économie de temps et d'efforts considérables.

Ce faisant, l'analyse de ce matériel a surtout enrichi la description faite des pratiques d'enseignement (objectif #3) de même que des activités d'intégration des ST (objectif #2).

3.3.3 Procédure d'analyse des données

Deux phases d'analyse ont stratégiquement été conduites. La première phase a servi à la description, sur une base individuelle, de chacun des cas répondant aux premiers objectifs de recherche (objectifs #2 et #3). L'analyse s'est effectuée la plupart du temps simultanément à la collecte de données (sauf pour la préparation des synopsis) et a produit à son terme des « portraits », pour reprendre l'expression de Merriam (2009), des activités et des pratiques pour chaque cas. Le deuxième niveau a proposé une analyse transversale des cas (*cross-case analysis*), c'est-à-dire que l'analyse a été effectuée sur une base collective, donc pour l'ensemble des cas (*Ibid.*). Cette étape s'inscrit dans le quatrième objectif de recherche puisque l'on vise ici à dégager des recoupements entre les cas. Ainsi donc, la collecte a permis rétrospectivement de colliger à son terme des données brutes, recueillies sous forme de notes de terrain, de synopsis d'activité, de *verbatim* d'entrevues ainsi de documents didactiques divers. Opérationnellement, ces données ont été, dans la mesure du possible, regroupées selon les indications de Yin (2014) dans une « base de données » commune à chaque cas. Comme recommandé par Roy (2010), la base de données a été générée par l'intermédiaire d'un logiciel, nommément NVivo 10, puisque ce dernier est en mesure « de coder à peu près tous les types de documents (textes, audio, vidéos, pages Web, PDF, etc.) [et de fournir] un plus grand support lorsque les données proviennent de sources variées et nombreuses » (Roy

& Garon, 2013, p.165-166). Le choix de la démarche d'analyse devait donc pouvoir inclure cette hétérogénéité des sources de données afin de satisfaire aux exigences liées à la question et aux objectifs de recherche.

Ainsi, une stratégie générale d'analyse inductive a été employée en ce qui a trait à la majorité du processus de traitement des données. À l'instar de Merriam (2009), rappelons que cette forme d'analyse sied particulièrement bien aux études de cas interprétatives. Blais et Martineau (2006) ajoutent que cette stratégie « se veut relativement simple et détaillée [...] qu'il s'agisse d'analyser du *verbatim* d'entretien, des documents ou des notes d'observation » (p.14). C'est dans cette optique que le modèle de Blais et Martineau (2006) a été sélectionné. Les objectifs liés à l'utilisation de l'analyse inductive sont ici de condenser des données brutes dans un format résumé, d'établir des liens entre les objectifs de recherche et les catégories découlant de l'analyse des données brutes et de développer un cadre de référence ou un modèle à partir des nouvelles catégories émergentes (Blais & Martineau, 2006). Cette procédure, aussi désignée sous le nom de codage, consiste en substance à apposer une étiquette à des pièces ou des morceaux de données formant ainsi des catégories. Van der Maren (1995) définit les catégories comme des « regroupements que l'analyse fait des réponses [...] il s'agit de condenser une information [...] de regrouper l'ensemble des réponses possibles sous différentes catégories, de façon à pouvoir coder les réponses semblables sous une même étiquette » (p.438). Plus concrètement, les extraits de *verbatim*, les énoncés des notes de terrain de même que les éléments visuels⁵⁶ (issus du matériel écrit) qui expriment les mêmes idées sont regroupés afin de former lesdites catégories; celles-ci étaient a priori définies par le cadre conceptuel et ont ensuite été précisées par la démarche d'analyse inductive.

⁵⁶ Thouin (2014) parle d'une « analyse de contenu visuel » pour référer à la manipulation de données visuelles de la sorte. Celle-ci s'insère aussi dans une logique inductive à l'intérieur de laquelle des caractéristiques visuelles sont identifiées et servent à la formation des catégories.

Tableau 3.2 — Synthèse des mouvements méthodologiques et analytiques en fonction des objectifs de recherche

Objectifs	Outils de collecte de données	Mouvements liés à l'analyse des données
1. À partir des critères issus de la définition opérationnelle de l'intégration des ST, identifier des cas d'activités d'apprentissage déployées par des enseignants du secondaire où l'intégration des ST est « effective ».		
2. Décrire et analyser chacune des (cas) activités d'intégration retenues (objectif #1) à la lumière du cadre descriptif de l'intégration des ST selon les dimensions suivantes : - les visées de l'intégration en ST, - la nature et l'ampleur de l'intégration en ST et - l'opérationnalisation de l'intégration en ST.	<ul style="list-style-type: none"> • Entrevues semi-dirigées (<i>a priori</i> et <i>a posteriori</i>) • Matériel pédagogique • Observations en situation 	<ul style="list-style-type: none"> - Analyse du <i>verbatim</i> d'entrevue pour faire ressortir les rubriques de l'intégration des ST (utilisation des métacatégories du cadre et inclusion de catégories émergentes) - Analyse du matériel pédagogique (et mise en relief avec le bloc 4 de l'entretien initial). - Analyse des observations ayant été mises en forme en synopsis (scénario pédagogique et dimensions de l'intégration des ST).
3-Décrire les pratiques d'enseignement (déclarées et effectives) mobilisées par les enseignants pour soutenir la mise en œuvre des activités d'intégration des ST et les analyser en fonction des quatre registres, soit 1—la contextualisation/ problématisation des apprentissages, 2 — l'exploration de savoirs disciplinaires et intégrés et le développement d'une connaissance des interactions ST, 3— l'articulation des démarches ouvertes et centrées sur l'élève ainsi que 4 — l'évaluation et la régulation des apprentissages en ST	<ul style="list-style-type: none"> • Entrevues semi-dirigées (<i>a priori</i> et <i>a posteriori</i>) • Observations en situation 	<ul style="list-style-type: none"> - Analyse du <i>verbatim</i> pour en dégager les pratiques d'enseignement en fonction des critères de pratique d'enseignement dégagés en section 2.1.5.1 du cadre conceptuel). - Analyse des observations ayant été mises en forme par la méthode du synopsis (identification des caractéristiques des activités et des pratiques d'enseignement observées sur le terrain).
4. À partir de l'analyse transversale des cas, dégager les points de convergence et les caractéristiques émergentes des situations et des pratiques d'enseignement qui ont permis une intégration effective des ST.		<ul style="list-style-type: none"> - En cours d'analyse, conserver des traces des intuitions du chercheur (journal de bord) quant aux éléments partagés ou développés davantage, les points de convergences ou de divergences, etc.

Le Tableau 3.2 — *Synthèse des mouvements méthodologiques et analytiques en fonction des objectifs de recherche* ci-dessus synthétise les mouvements méthodologiques et analytiques et les lie aux objectifs de recherche poursuivis.

3.4 Critères de validité

Savoie-Zajc (2004) propose une synthèse des critères de rigueur relatifs à la recherche qualitative/interprétative. Le premier est la crédibilité du savoir produit et est analogue à ce que Merriam (2009) appelle la validité interne. Ce critère fait référence au sens attribué au phénomène qui est considéré comme plausible et corroboré par diverses instances. À cet effet, une des principales critiques relevées pour l'étude de cas concerne le problème de validité interne qui se manifesterait par la production, dans les résultats, d'images déformées de la réalité, notamment induites par des biais méthodologiques (Roy, 2010). Or, dans cette recherche, la réponse à ce critère se manifeste par l'introduction de mécanismes spécifiques, tels qu'une technique de triangulation des méthodes où l'on a recours à plusieurs modes de collecte de données (Merriam, 2009). En plus de combler les lacunes de chaque méthode, on limite également les biais occasionnés par des erreurs techniques (Roy, 2010). Par ailleurs, la crédibilité est également établie par un engagement soutenu et durable de la part du chercheur sur le terrain de recherche, ce qui a été le cas. Quant à la qualité du savoir produit, elle s'évalue aussi à sa transférabilité ou sa validité externe, c'est-à-dire que les résultats produits doivent pouvoir être adaptés à d'autres contextes (Savoie-Zajc, 2004).

Comme l'indique de Vries (2007), une réflexion théorique sur les pratiques ou les caractéristiques d'activités ne nécessite pas une réelle représentativité pour en assurer l'étude. L'idée est plutôt d'explorer les possibilités et de réfléchir sur ce qui peut conférer un caractère efficace à ces pratiques d'intégration des ST. De façon opérationnelle, cette recherche s'appuie sur la sélection de plusieurs cas pertinents et révélateurs, qui assurent une représentativité théorique (Roy, 2010). Ainsi comprise, l'étude s'inscrit davantage, comme décrit antérieurement, dans une logique de transférabilité et de validité externe propre à la recherche qualitative/interprétative et à l'approche de l'étude de cas privilégiée dans notre étude (Merriam, 1988). Aussi, une description détaillée des différents cas est fournie en début de chapitre IV, et ce, afin de permettre une meilleure contextualisation des données de l'étude. Le troisième critère, la fiabilité, émerge de la cohérence entre les résultats et le déroulement de l'étude. Plus spécifiquement, elle porte sur la cohérence entre la question de recherche, l'évolution qu'elle a subie, la documentation de cette évolution et les résultats de la recherche (Savoie-Zajc, 2011). À cet égard, un

journal de bord a été tenu lors de la réalisation de la recherche permettant de documenter certaines de ces réflexions méthodologiques. Enfin, le dernier critère est la confirmation. Il renvoie au processus d'objectivation pendant et après la recherche. À toute fin pratique, il importe que les outils de collecte de données soient justifiés par le cadre théorique, que les formes d'analyse de données appliquées soient décrites et qu'il y ait cohérence entre eux (Savoie-Zajc, 2011). Il est estimé que la pertinence des outils de collecte avec le sujet de recherche a bien été établie dans ce travail; le tableau 5 permet justement de montrer cette cohérence.

CHAPITRE 4

PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

Cette recherche s'inscrit dans une volonté d'étudier des activités mettant en œuvre une intégration des ST effective ainsi que les pratiques d'enseignement qui les accompagnent. Le présent chapitre fait état des résultats de recherche découlant de l'analyse des données inhérentes aux objectifs de recherche. L'appareillage méthodologique déployé a permis, rappelons-le, de colliger des données sur le double plan des activités et des pratiques d'enseignement, notamment par le truchement d'entrevues semi-dirigées avec les enseignants responsables des cas d'activités retenues, d'observations en salle de classe lors de leur réalisation ainsi que par le recueil du matériel didactique relatif aux activités. De manière systématique, l'analyse s'est déroulée en deux temps d'abord sur une base individuelle, c'est-à-dire pour chacun des cas et, ensuite, transversale, c'est-à-dire pour l'ensemble des cas afin d'apporter un éclairage à la question de recherche de départ. Les résultats obtenus sont explicités selon cette même logique et, par la suite, regroupés dans différents tableaux synthèses.

Le chapitre se subdivise chronologiquement en deux parties, soit 1) les résultats inhérents à la description et l'analyse des cas d'activités d'intégration des ST et 2) ceux ayant trait aux pratiques d'enseignement qui accompagnent ces activités

4.1 Description et analyse des activités d'intégration des ST

À titre de rappel, il a été proposé à la section 2.1.4, un cadre descriptif permettant d'apprécier les initiatives d'intégration en ST. Ce cadre descriptif propose trois rubriques, soit [1] — les visées de l'intégration en ST, [2] — la nature et l'ampleur de l'intégration et [3] — l'opérationnalisation de l'intégration en ST. Les résultats relatifs à la présente section sont structurés autour de ces rubriques. Ces dernières constituent également les métacatégories qui ont été employées pour l'analyse et qui ont ensuite été précisées avec des catégories émergentes établies par la démarche d'analyse inductive. Les tableaux présents dans cette section emploient cette même structure de présentation. Afin de respecter une logique permettant une compréhension plus fluide des résultats, une description des activités d'intégration précède l'explicitation des résultats relatifs aux différentes rubriques du cadre.

4.1.1 Description des activités d'intégration

Une description générale des scénarios inhérents à chaque activité étudiée est ici présentée. Les phases « macro » de contextualisation, de réalisation et d'intégration sont résumées pour chacun des cas. En plus de fournir un résumé du scénario de l'activité, le Tableau 4.1 — Présentation synthèse des cas étudiés ci-dessous apporte également des informations complémentaires aux différents cas d'activité et les décline en fonction d'informations liées aux contextes telles que *l'enseignant(e)* responsable, le niveau scolaire, le parcours de formation ou programme (le cas échéant), le type d'école (publique ou privée) et le nombre de périodes (durée).

Le jeu de kermesse-Caroline

L'activité du jeu de kermesse s'est déroulée en 4^e secondaire avec des élèves inscrits dans le parcours de formation général ST avec option STE⁵⁷. Celle-ci s'est déployée sur deux cours de soixante-quinze (75) minutes chacun. Le contexte de départ de l'activité proposait un défi de conception d'un jeu simple, plus spécifiquement de type « kermesse⁵⁸ », s'adressant à de plus jeunes élèves⁵⁹. L'activité a débuté (phase de contextualisation) par une importante introduction à l'intérieur de laquelle Caroline, l'enseignante responsable, explicite les consignes générales liées à l'activité. L'enseignante a présenté aussi le cahier de l'élève afin de lire la mise en situation en y apportant plusieurs explications complémentaires ayant trait aux contraintes du cahier des charges (voir *Figure 4.1 — Jeu de kermesses-Cahier de l'élève — Cahier des charges (pp.2-3)*). Elle a précisé essentiellement que le jeu doit être fonctionnel, adapté à des enfants de plus jeune âge et fabriqué à la fois de matériaux neufs (composantes obligatoires) et recyclés. Enfin, Caroline a présenté quelques prototypes des années précédentes aux élèves afin de bien faire comprendre la nature du défi de conception qui les attend.

⁵⁷ Voir à cet égard Figure 1.1 — *Parcours de formation en science et technologie au secondaire (Québec)* pour explicitation de ces parcours et option.

⁵⁸ C'est-à-dire un jeu d'adresse faisant appel à une « planchette » ou une « plateforme » et impliquant, parfois, un circuit électrique. Un exemple populaire de jeu de kermesse est celui d'*Opération* de la compagnie Hasbro.

⁵⁹ Le scénario détaillé, soit le synopsis de l'activité du jeu de kermesse, est disponible en ANNEXE IV *Analyse synoptique - Activité Le jeu de Kermesse (Caroline)* pour une lecture plus détaillée de celui-ci.

Tableau 4.1 — Présentation synthèse des cas étudiés

<i>Titre de l'activité d'intégration</i>	<i>Le jeu de kermesse</i>	<i>Le planeur</i>	<i>Le laboratoire de robotique-MRUA</i>	<i>Le compteur d'eau</i>
<i>Nom des Enseignants responsables</i>	Caroline	Marc	Catherine	Carole
<i>Années d'expérience</i>	26 ans	28 ans	15 ans	30 ans
<i>Niveau scolaire et parcours de formation ou programme (le cas échéant)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • 4^e secondaire • Science et technologie (ST) et Science et technologie de l'environnement (STE) 	<ul style="list-style-type: none"> • 3^e secondaire • Applications technologiques et scientifiques (ATS) et activités scientifiques 	<ul style="list-style-type: none"> • 5^e secondaire • Physique 	<ul style="list-style-type: none"> • 4^e secondaire • Applications technologiques et scientifiques (ATS)
<i>École publique ou privée</i>	École privée	École publique	École publique	École publique
<i>Nombre de périodes (durée)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • 2 périodes (75 minutes); espacées de 4 semaines 	<ul style="list-style-type: none"> • 7 périodes (75 minutes) consécutives 	<ul style="list-style-type: none"> • 1 période (60 minutes) 	<ul style="list-style-type: none"> • 9 périodes (75 minutes) consécutives
<i>Résumé du scénario de la situation d'intégration</i>	À partir d'un cahier des charges, les élèves doivent en équipe concevoir et fabriquer un jeu de kermesse (jeu d'adresse) intégrant un circuit électrique simple.	À partir d'un cahier des charges, les élèves doivent en équipe concevoir et fabriquer un prototype de planeur en s'appuyant de concepts scientifiques liés au vol.	Activité expérimentale à l'intérieur de laquelle les élèves doivent en équipe programmer un robot dans le but de produire un mouvement rectiligne uniformément accéléré (MRUA) et, ensuite, modéliser graphiquement (via Excel) les données prises par le robot lors du trajet.	Débutant par l'analyse technologique d'un compteur d'eau, les élèves doivent en équipe concevoir et fabriquer un prototype en y intégrant des mécanismes de transmission/transformation du mouvement ainsi qu'un circuit électrique.

En deuxième partie du cours, les élèves ont formé les équipes (2-3 élèves par équipe) et se sont rapidement mis à la recherche de leur concept de jeu. Les élèves ont recherché des informations sur internet à partir de leur iPad et ont validé leurs idées auprès de l'enseignante, et ce, jusqu'à la fin du cours.

La phase de réalisation s'est déroulée en dehors du temps de classe. En effet, les élèves ont dû avancer l'élaboration de leur jeu à la maison en se coordonnant avec leurs coéquipiers. Un délai d'un mois a séparé

Consignes :

- Seul ou équipe de 2 ou 3.
- Doit être sécuritaire.
- Esthétique.
- Dimensions maximales: 30 x 30 x 30 cm.
- Votre circuit électrique doit contenir les composantes suivantes :
2 diodes (leds), 1 pile 9 v, un connecteur pour pile 9 v, un résistor de 500Ω et 1.5 mètre de fil conducteur. Ce matériel vous sera fourni par l'enseignant (e). Vous pourrez acheter du matériel supplémentaire à la caisse étudiante pour un prix minime.
- L'enseignant doit avoir accès au circuit électrique.
- Des points supplémentaires seront accordés aux projets plus complexes.
- Votre idée doit être approuvée par votre enseignante.

Sont interdits

- Tout élément pouvant occasionner des blessures (ex. : extrémités coupantes, mécanisme pouvant coincer un doigt, tête de clou qui dépasse, etc.);
- Les ensembles de pièces assemblées extraits d'appareils ou de jeux.

Figure 4.1 — Jeu de kermesses-Cahier de l'élève — Cahier des charges (pp.2-3)

la période d'introduction de celle qui conclut l'activité. Le travail de l'enseignante durant cette période consistait surtout à répondre sporadiquement aux questions des élèves. La citation suivante évoque bien le travail de l'enseignante durant cette phase :

P⁶⁰ : [La partie entre les deux moments d'observation], ça s'est bien déroulé, c'est sûr que j'ai eu beaucoup de questions. Les élèves se sont rendu compte que c'était plus compliqué de le faire... une fois que le plan est fait, ça va bien mais la construction est nécessaire... c'est pas mal plus

⁶⁰ Les lettres « C » et « P » présentes au sein des verbatims correspondent respectivement aux propos du chercheur (C) et du participant (P).

difficile⁶¹. [...] ils venaient me voir de temps en temps, par-ici et par-là. Ils venaient me voir, ils me posaient des questions « Madame, mon LED est brulé et je ne sais pas pourquoi ». **Alors, il fallait que je me rassoie avec eux et leur explique « Avant de le construire, dessine-le ton circuit et analyse-le, regarde tes données, réfléchis à la résistance que tu dois poser... dois-tu en mettre une ou pas ? ».** Bref, ça l'a amené beaucoup, beaucoup de réflexion.

[Caroline, EF, 13-14]



Figure 4.2 — Jeu de kermesse- Quelques prototypes développés dans le cadre de l'activité

La phase d'intégration se voulait en substance une présentation par les élèves des différents prototypes de jeu de kermesse développés. La seconde période était entièrement dédiée à cette tâche. Caroline a débuté par l'explicitation du déroulement de la partie « présentation ». Les équipes ont dû répondre aux questions suivantes : 1) expliquer le fonctionnement (les règlements ou autres) de votre jeu ; 2) quels matériels électriques avez-vous utilisés ? ; 3) quelles difficultés avez-vous rencontrées ? et 4) quel est votre

⁶¹ Il est à noter que certains passages des extraits de verbatim apportés en citation dans le présent chapitre IV ont été surlignés en caractère gras. En fait, ces passages sont particulièrement évocateurs des idées mises de l'avant. Le lecteur est invité à prendre minimalement connaissance de ceux-ci tout en ayant la possibilité de s'appropriier les idées secondaires, les reformulations, les exemples et les compléments d'information aussi disponibles dans les extraits intégraux de verbatim.

niveau de satisfaction (sur 10). Les équipes se sont donc présentées à tour de rôle à l'avant de la classe pour présenter leur prototype (voir Figure 4.2 — Jeu de kermesse- Quelques prototypes développés dans le cadre de l'activité) et répondre auxdites questions. L'enseignante a animé les présentations, posé des questions alternatives pour obtenir certaines précisions et testé chacun des prototypes pour vérifier la fonctionnalité de ceux-ci. Le cours s'est conclu par la mise à l'essai par les élèves des différents jeux de kermesse.

Le planeur-Marc

L'activité du planeur⁶² s'est déroulée en troisième secondaire avec des élèves évoluant au sein du parcours de formation générale appliquée (ATS). Les élèves qui ont participé à l'activité étaient également inscrits en *activité scientifique*⁶³, une option particulière de l'école qui permet en substance de mettre à l'horaire deux (2) périodes de plus par cycle (*c.-à-d.* que les groupes de régulier) de concentration scientifique. L'activité s'est déployée sur sept (7) périodes consécutives de soixante-quinze (75) minutes chacune. En substance, l'activité proposait aux élèves de concevoir et fabriquer en équipe un prototype de planeur tout en s'appuyant de concepts scientifiques et technologiques liés au vol pour le faire.

La phase de contextualisation s'est déroulée en classe régulière et a été composée des tâches variées. Après une brève introduction à l'activité pour « vendre » le projet aux élèves, Marc, l'enseignant responsable, a effectué un retour sur les connaissances antérieures liées au vol. Une discussion est alors conduite autour de la question « Qu'est-ce que ça prend pour voler ? ». L'enseignant a ensuite effectué une transition vers l'explicitation de concepts scientifiques tels que la gravité, la portance, la circulation de l'air sur une aile [Principe de Bernoulli] et la trainée afin d'en dégager des éléments de transfert pour la conception prochaine de leur planeur. Cette portion de la phase de contextualisation a été également imbriquée avec la présentation de différents exemples d'aéronefs, permettant d'illustrer ces principes. Marc a précisé ensuite oralement les contraintes du cahier de charges. Le planeur devait notamment : 1 — voler à l'intérieur d'un corridor (devra voler suffisamment droit), 2 — être lancé par un élève, 3 — être

⁶² Le scénario détaillé, soit le synopsis de l'activité Le planeur, est disponible en annexe V pour une lecture plus détaillée de celui-ci.

⁶³ Il s'agit d'un programme particulier à cette école qui permet de mettre à l'horaire deux (2) périodes de plus par cycle (*c.-à-d.* que les groupes de régulier) de concentration scientifique. Ce programme est offert de la 1^{re} secondaire à la 3^e secondaire.

léger et 4 — rester en suspension dans l'air le plus longtemps possible. La période s'est terminée par la formation des équipes et la confection d'un premier croquis de prototype par les élèves, précisant les principales caractéristiques de leur engin. L'enseignant a distribué le document « cahier de l'élève » aux différentes équipes et a circulé entre-elles pour discuter des croquis et des idées de planeur.

La phase de réalisation concerne les périodes deux (2) à six (6) qui se sont déroulées en classe-atelier. Sur le plan de la structure, une mécanique de mise en œuvre très similaire est retrouvée d'une période à l'autre (voir AS, Section 2, annexe V). En général, les cours de cette phase ont débuté par un récapitulatif avec les élèves sur les éléments importants inhérents à l'activité des planeurs. Marc a effectué tantôt des liens avec les objectifs de l'activité, en l'occurrence de mettre en œuvre une démarche de conception technologique, tantôt avec l'évaluation qui devrait porter davantage sur les différentes parties du cahier de l'élève (qui rend compte de la démarche) que sur le prototype de planeur. Il a fait des réajustements au besoin avec les élèves afin que ceux-ci avancent dans la rédaction du cahier qui accompagne l'activité. Il est également advenu que la technicienne en travaux pratiques (TTP), qui a accompagné l'enseignant en laboratoire, fasse des rappels quant à la sécurité en atelier et les règles en vigueur. Ensuite, les élèves se mettaient au travail, poursuivant la conception/fabrication de leur planeur et discutant de leur concept de planeur entre eux. Marc et la TTP circulaient abondamment dans l'atelier et à travers les équipes durant ces moments. La phase d'intégration s'est déroulée à la septième et dernière période du projet. En début de période, Marc a effectué un récapitulatif interactif en les questionnant sur les éléments importants inhérents à l'activité. Il a rappelé aux élèves que le cahier est à compléter et a insisté particulièrement sur la nécessité de préciser les informations (*p.ex.* ce qui n'a pas fonctionné [les problèmes], ce que vous avez fait pour y remédier [les solutions]). Les équipes ont ensuite apporté les dernières modifications aux planeurs ou encore ont complété les différentes sections du cahier de l'élève. Les équipes ont été enfin invitées à tour de rôle par l'enseignant afin de mettre à l'essai leur planeur. Ils ont eu droit à trois essais



Figure 4.3 —Le planeur — Quelques prototypes développés dans le cadre de l’activité

afin de conserver la meilleure distance parcourue pour l’évaluation. Parallèlement, Marc a questionné durant les essais les élèves afin que ces derniers justifient leurs choix de construction (*p.ex.* « Pourquoi avoir utilisé deux ailes ? », « Pourquoi avoir ajouté du poids à l’arrière ? », « Pourquoi avoir allégé cette partie du planeur ? », etc.). La figure 14 présente certains prototypes de planeurs élaborés par les élèves dans le cadre de cette activité.

Le laboratoire de robotique MRUA — Catherine

L’activité du laboratoire de robotique MRUA s’est déroulée en 5^e secondaire avec des élèves inscrits au programme optionnel de physique. Celle-ci s’est déployée sur une période de soixante (60) minutes. Le contexte de départ de l’activité est en fait une expérimentation où les élèves doivent programmer un robot afin de lui faire reproduire un mouvement rectiligne uniformément accéléré (MRUA) et ensuite modéliser graphiquement (via Excel) les données prises par le robot⁶⁴.

La phase de contextualisation a débuté par la distribution du cahier de laboratoire par l’enseignante responsable Catherine. Les élèves se sont d’abord installés en dyade. Catherine a ensuite fait un bref retour sur les connaissances antérieures liées au mouvement rectiligne uniforme (MRU) et les différences

⁶⁴ Le scénario détaillé, soit le synopsis de l’activité du laboratoire de robotique-MRUA, est disponible en annexe VI.

à considérer avec le MRUA. Elle a subséquemment donné les directives quant au déroulement de l'activité et a présenté les grandes lignes du protocole du laboratoire. Une deuxième enseignante, responsable de l'option robotique, a accompagné Catherine durant le cours. Par le truchement du TNI, les deux enseignantes ont montré aux élèves le chemin pour aller chercher les ressources numériques (*p.ex.* capsules virtuelles, version numérique des instructions) nécessaires à la réalisation de l'activité. Catherine a terminé cette phase par l'explicitation des principales parties du robot (*p.ex.* CPU, capteur, moteurs, système de transmission du mouvement, roues et direction, câblage, etc.) et de son fonctionnement, notamment l'aspect programmation. Elle a aussi donné plusieurs exemples de milieux où il est possible de retrouver des systèmes robotisés afin de montrer l'importance de ce champ technologique aux élèves.

La phase de réalisation s'est divisée en trois étapes. D'abord, les élèves ont eu à programmer les robots. Pour ce faire, un robot a été distribué à chaque équipe; les élèves se sont installés ensuite à un poste de



Figure 4.4 — Le laboratoire de robotique MRUA — Photo du robot Lego *Mindstorm* (EV3) utilisé pour l'activité

travail disposant d'un ordinateur où ils ont pu, au choix, écouter une capsule virtuelle proposant un tutoriel expliquant la démarche pour programmer leur robot ou consulter les étapes présentées dans le « Cahier d'instructions pour la programmation du robot ». La procédure de programmation est ainsi détaillée aux élèves qui doivent essentiellement la reproduire.

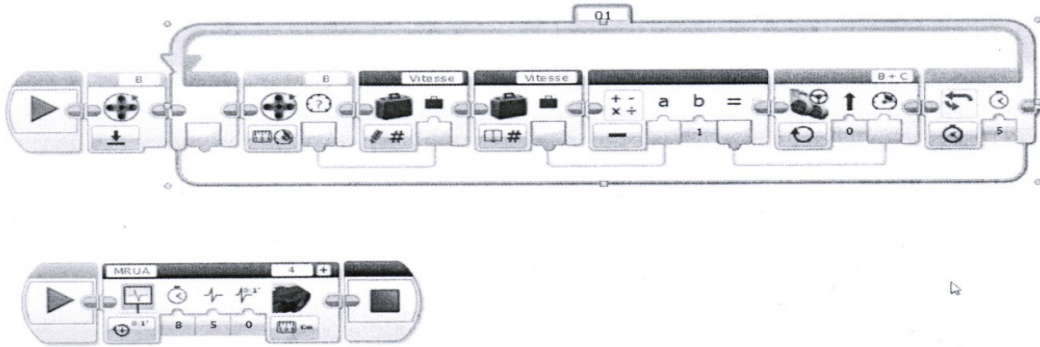


Figure 4.5 — Le laboratoire de robotique MRUA — Programmation du robot — MRUA (en haut) et journalisation des données (en bas)

La figure 16 constitue un exemple du programme produit par les élèves avec l’interface numérique de la trousse de robotique. Les enseignantes ont pendant ce temps circulé dans le local afin de répondre aux questions/problèmes rencontrés par les élèves (*p.ex.* pairage Bluetooth, lecture de la vidéo, connexion croisée de deux équipes sur un même robot). Ensuite, les élèves ont été invités à mettre à l’essai leur robot et à procéder à la prise de données. Lorsque la programmation des robots a été complétée, les équipes se sont déplacées à l’une ou l’autre des tables de pratique afin d’effectuer les essais et la prise de données. En lançant le programme, il était observé essentiellement que le robot démarrait, accélérât sur la table puis s’arrêtait. Le capteur ultrason, dont le robot était muni, colligeait des données décrivant le déplacement effectué par le robot. Les équipes qui ont rencontré des problèmes (*p.ex.* trajectoires courbes) ont effectué au besoin de nouveaux essais afin d’obtenir de « meilleures » données de positionnement. Les élèves ont finalement extrait les données des essais du robot et les ont importées

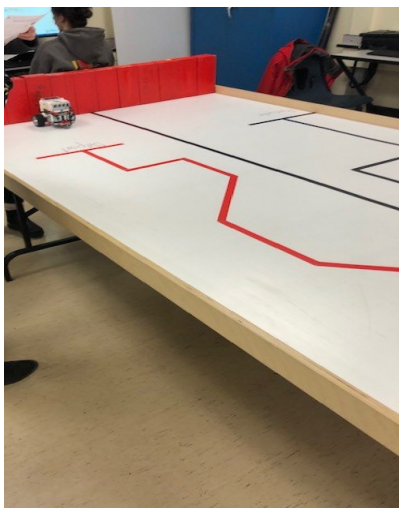


Figure 4.6—Le laboratoire de robotique MRUA — Table d’essai des robots

dans un tableur Excel afin de les analyser. Les élèves ont d’emblée eu la possibilité, au choix, d’écouter une capsule web (tutoriel) expliquant la démarche d’exportation/importation des données et aussi la méthode pour générer les graphiques ou encore prendre connaissance du protocole décrit dans le « Cahier de l’élève ». En fait, les élèves ont eu à réaliser trois graphiques, soit 1) position en fonction du temps, 2) vitesse en fonction du temps, et 3) accélération. Les équipes, dont les graphiques générés ne correspondaient pas à ceux typiques du MRUA, ont eu la possibilité de refaire de nouveaux essais afin de prendre de nouvelles données. Les élèves ont complété les différentes parties du cahier de laboratoire.

En phase d’intégration, les équipes ont enregistré les fichiers Excel pour une impression ultérieure des graphiques. L’enseignante responsable de l’option robotique a montré aux élèves la procédure pour « nettoyer » les robots, c’est-à-dire effacer les programmes entrés par les élèves en prévision de la tenue de ce laboratoire avec d’autres groupes. Certains restèrent quelques minutes après la cloche pour compléter le document.

Le compteur d’eau-Carole

L’activité du compteur d’eau s’est déroulée en 4e secondaire et s’est déployée sur neuf (9) périodes de soixante-quinze minutes chacune. Les élèves qui ont participé à l’activité étaient inscrits dans le parcours de formation général appliquée (ATS). En résumé, à partir d’une analyse technologique d’un compteur d’eau (issue d’une épreuve du ministère), l’activité proposait aux élèves de concevoir et fabriquer en

équipe un prototype de compteur d'eau en y intégrant des mécanismes de transmission/transformation du mouvement ainsi qu'un circuit électrique⁶⁵.

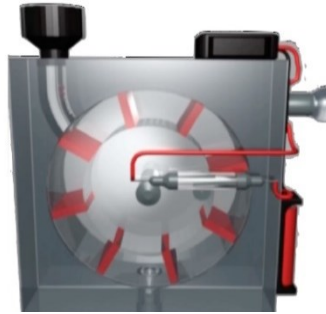


Figure 4.7—Le compteur d'eau — Animation du compteur d'eau utilisé pour l'analyse technologique

Lors de la phase de contextualisation, l'enseignante responsable, Carole, a d'abord introduit sommairement l'activité. Elle a discuté oralement avec les élèves afin de positionner l'activité du compteur d'eau par rapport aux autres projets de technologie réalisés durant l'année et des quelques nouveaux défis qui se présenteront à eux lors de cette activité. L'enseignante a ensuite distribué le cahier de l'élève tout en donnant beaucoup d'informations concernant les modalités de mise en œuvre de l'activité (*p.ex.* évaluation, date de fin du projet, etc.). Ensuite, l'enseignante a demandé aux élèves de former les équipes. Ceux-ci ont regardé l'animation du compteur d'eau afin de faire l'analyse de ce dernier système technologique⁶⁶. Il s'agissait d'une reproduction des conditions de mise en œuvre qui prévalent généralement lors de l'examen du ministère de fin d'année.

L'enseignante a mentionné à haute voix l'apport de cette portion de l'activité (l'analyse technologique) qui sert à comprendre le fonctionnement de ce système avant de le construire. Les élèves se réfèrent à leur cahier d'apprentissage pour aller chercher les informations nécessaires pour compléter l'analyse technologique. À la fin de la période, plusieurs équipes ont complété ladite analyse du compteur d'eau.

⁶⁵ Le scénario détaillé, soit le synopsis de l'activité du compteur d'eau, est disponible en annexe VII pour une lecture plus détaillée de celui-ci.

⁶⁶ Il s'agit d'une vidéo diffusée sur le TNI qui montre de manière interactive le fonctionnement du compteur d'eau, notamment sur les plans de l'ingénierie mécanique et de l'ingénierie électrique.

L'enseignante a terminé le cours en expliquant le mandat de conception, notamment les quelques contraintes présentes dans le cahier des charges (voir figure ci-dessous).

À cocher lorsque fait	Maintenant on imagine... P.S.: Brochez les feuilles supplémentaires à la suite de ce document
	Créer un objet technique qui fonctionne comme dans la vidéo (ou presque...) Dimension maximum (25 cm x 25 cm x 25cm) Une liste de matériel désiré Matériel recyclé école: carton, fil électrique, divers matériau nécessaire Matériel fourni par l'école: Interrupteur magnétique, aimant néodyme, fil électrique et ingéniosité Plus les pièces sont créées plus elles donnent des points

Figure 4.8— Le compteur d'eau-Extrait du cahier de l'élève-Le cahier des charges (p.6)

La phase de réalisation concerne les périodes deux (2) à huit (8) qui se sont déroulées en classe-atelier ou en classe régulière (lorsque l'atelier n'était pas disponible). Sur le plan de la structure, une mécanique de mise en œuvre très similaire est retrouvée d'une période à l'autre. En général, les cours de cette phase débutaient par un récapitulatif, sous forme de discussion avec les élèves, sur les éléments importants inhérents à l'activité du compteur d'eau, notamment l'échéancier du projet. Carole laissait ensuite les équipes se mettre rapidement au travail. L'enseignante guidait les équipes, circulant conjointement avec la TTP abondamment dans la classe afin de s'assurer de l'avancement « positif » des projets. L'enseignante a constamment rappelé (à haute voix) les contraintes qui ne semblaient pas respectées. Elle donna au besoin quelques indices, des pistes de solution lorsque les élèves ont fait face à des obstacles trop importants. Il est arrivé également que la TTP, qui accompagnait l'enseignante en laboratoire, fasse des rappels quant à la sécurité en atelier ou aux règles en vigueur.

La phase d'intégration s'est déroulée au neuvième et dernier cours. En début de période, l'enseignante Carole a énoncé d'entrée de jeu les consignes de la partie « présentation »; elle a explicité les critères pour l'évaluation des prototypes de compteur d'eau. L'enseignante a mentionné aussi aux élèves qu'elle fera une captation vidéo de leur prototype en fonction. Elle a également fait un suivi des différents livrables (c.-à-d. cahier de l'élève et prototype) en lien avec l'activité. Les équipes se sont donc présentées à tour de rôle à l'avant de la classe afin de présenter leur prototype. Les présentations ont mis en lumière le niveau d'achèvement très variable des différents prototypes face aux contraintes de départ. Les prototypes de compteur d'eau étaient assez différents les uns des autres, et ce, eu égard à l'analyse technologique du départ.

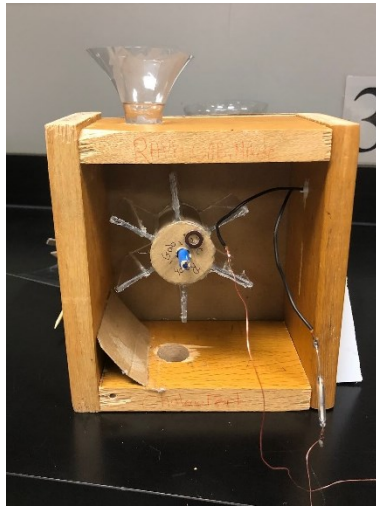


Figure 4.9— Le compteur d'eau-Exemple d'un prototype développé par une équipe

4.1.2 Les visées de l'intégration

Sommairement, rappelons que les visées font référence aux buts que l'on souhaite atteindre par une intervention éducative particulière (Honey et al., 2014). Dans la présente étude, elles correspondent aux intentions pédagogiques associées aux activités d'intégration des ST. Nous présentons ici celles touchant d'abord les élèves et celles touchant ensuite aux enseignants, et ce, pour chacun des cas. Elles peuvent être tantôt plus générales, tantôt plus spécifiques en fonction des cas. Les visées potentielles inhérentes aux élèves concernent le développement de la culture scientifique et technologique et aussi de compétences transversales chez les élèves, la préparation au marché du travail, l'intérêt et l'engagement des élèves ainsi que les habiletés à faire des liens entre les disciplines scientifiques et technologiques. Rappelons que les visées pour les enseignants concernent des initiatives de développement professionnel

qui auraient été en simultané ou préalables à la mise en œuvre des activités d'intégration. Selon le cadre descriptif (Honey et al., 2014), celles-ci peuvent être de l'ordre de l'enrichissement de la compréhension des concepts liés aux STIM ainsi que l'enrichissement du savoir pédagogique lié aux contenus (PCK).

4.1.2.1 Les visées inhérentes aux élèves

Le jeu de kermesse-Caroline (Visées)

L'activité du jeu de kermesse envisage l'atteinte de différentes cibles. À cet égard, développer la culture scientifique et technologique des élèves semble une idée centrale qui est déclinée de manière plurielle par l'enseignante. En effet, il est d'abord évoqué par Caroline l'importance d'ouvrir davantage les activités de formation scientifique à la technologie afin de former plus adéquatement les élèves aux exigences de la société d'aujourd'hui et de demain. Selon l'enseignante, cette ouverture est motivée par le maillage de plus en plus important entre la société et la technologie; ouvrir les activités de formation scientifique à la technologie aurait ainsi pour fonction de mieux outiller les élèves, leur offrir une base de connaissances ou d'habiletés dont ils pourront faire usage dans leur quotidien. Cela permettrait, par exemple, d'apprendre à réparer des artefacts technologiques et en corolaire, de freiner la consommation abusive de biens. Les passages ci-dessous traduisent la pensée de l'enseignante quant aux visées relatives à la CST :

P : La technologie arrive à vitesse grand V et ça change à toutes les années. [...] Et comment de fois on entend parler, dire que le travail pour lequel, ils vont sacrifier leur vie, il n'existe même pas encore. Faut leur apprendre à utiliser les outils, on n'a pas le choix. Ils vont devoir les utiliser là. On ne peut pas passer à côté de ça.

[Caroline, EI, 164-168]

P : Bien juste leurs connaissances générales. Être capable d'analyser un objet, de réparer un objet. Ne serait-ce que juste ça. [...] Regarde : ton grille-pain, c'est comme ça qu'il fonctionne. Peut-être que si tu l'ouvres, tu serais peut-être capable de le réparer finalement au lieu d'en acheter un autre et un autre. C'est ça, limiter la consommation. Me semble que, c'est une grosse base. [...]

[Caroline, EI, 173-178]

De manière complémentaire, Caroline mentionne que l'activité qu'elle a conçue offre un espace d'apprentissage à l'intérieur duquel les élèves peuvent se « mettre en action » dans un contexte qui s'approche de la vie « réelle ». Il s'agit en fait d'un objectif central qui s'inscrit également dans les visées relatives à la CST des élèves. Elle mentionne que cette activité d'intégration revêt un potentiel de réalisme plus élevé que pourrait avoir un laboratoire typique sur l'électricité, car le défi qui est proposé ressemble

davantage aux problèmes que l'on retrouve dans la vraie vie. La citation suivante est particulièrement évocatrice quant à ce noyau d'idées :

P : L'effet que je recherche d'abord c'est de les mettre en action dans la réalité. Ils ont entendu parler beaucoup de c'est quoi un circuit électrique. Ils l'ont fait en laboratoire avec des espèces de gros fils. Ce ne sont pas vraiment des composantes électriques qu'on utilise dans la vraie vie. [...] Proche de la vraie affaire. Parce qu'en laboratoire, ce n'est pas la vraie affaire.

[Caroline, E. I., 306-310]

Par ailleurs, ce passage par le « réel » aurait également pour fonction d'intéresser les élèves à l'égard de la filière de concepts liés à l'« électricité », et ce, paradoxalement en simplifiant à leurs yeux ces contenus voire de les rendre plus agréables. Autrement formulé, cela aurait pour effet de familiariser les élèves aux savoirs et aux démarches liés à l'utilisation de l'électricité et, en corolaire, d'atténuer leurs appréhensions à cet égard.

P : [...] C'est comme allumer un peu... c'est comme les allumer un peu sur l'électricité. [...] Oui, parce que en a plein, une fois qui l'ont fait le jeu, ils ont du fun et ils tripent. Et là, ça les allume. « Ah ok, c'est ça l'électricité, la vraie électricité. C'est vraiment le fun et ce n'est pas si compliqué ! » Ce n'est pas aussi compliqué qu'ils le pensent. Tu sais, l'analyse des objets techniques qu'ils font à l'examen du ministère, il y en a toujours. Y'a toujours un petit circuit électrique. Ils le comprennent à la fin de l'année. Ce n'est pas aussi compliqué qu'ils pensaient. Faut le simplifier un peu. Simplifier cette notion-là. [...]

C : Tangible...

P : Oui, mais toujours dans le plaisir. Ça moi c'est important. Dans ma classe, faut que ça finisse avec le plaisir.

[Caroline, E. I., 331-340]

Cette dernière citation met en également en lumière une autre visée retenue par Caroline qui est de préparer les élèves en prévision de l'épreuve ministérielle de fin d'année. En effet, l'examen du ministère comporte d'ordinaire, et ce, depuis plusieurs années une tâche d'analyse technologique pour laquelle il semble important de préparer les élèves. Cette activité aurait donc comme fonction de familiariser les élèves aux contenus touchés par l'analyse, notamment en matière de circuit électrique, de même qu'avec la démarche en tant que telle.

Enfin, il semble que cette activité permettrait aux élèves de résoudre un problème complexe⁶⁷ dont la résolution amènera inévitablement les élèves à en apprendre davantage sur l'interface des sciences et de la technologie. En l'occurrence, les élèves ont à naviguer entre l'utilisation de techniques variées (*p.ex.* dégainer un fil, souder à l'aide d'un fer à étamer, brancher des composantes électriques, etc.), faire des calculs scientifiques (*p.ex.* loi de Ohms) ainsi qu'appliquer des concepts scientifiques (*p.ex.* notions liées au circuit électrique) et technologiques (*p.ex.* les fonctions électriques). La citation ci-dessous illustre bien ce tissage :

P : Moi, mon objectif, c'est qu'ils prennent un fil, qu'ils le dégainent, qu'il le match avec un autre. Qu'il mette sa résistance, qu'il calcule sa bonne [valeur de] résistance. Qu'il ait son LED. Qu'il manipule le vrai matériel électrique. Ça, c'est mon objectif.

[Caroline, E.I., 306]

Le planeur-Marc (Visées)

L'activité du planeur développée par Marc envisage également différents objectifs. Selon l'enseignant, il s'agit surtout de développer la « débrouillardise » des élèves, c'est-à-dire de leur permettre d'acquérir des compétences et des connaissances en lien avec les ST dont ils puissent faire usage dans leur vie de tous les jours pour résoudre des problèmes ou comprendre des situations du quotidien (*p.ex.* actualité ou autre). Cela peut par exemple être de comprendre le fonctionnement d'un objet technique pour ensuite être en mesure de le réparer ou le changer et, ce faisant, ne pas être constamment dépendants des spécialistes pour accomplir ces tâches. Cette visée fait écho à l'esprit de la CST qui fait la promotion également de la mobilisation ou du réinvestissement des connaissances à ce même plan. Dans la même veine, l'activité des planeurs permettrait aux élèves d'apprendre à utiliser un grand nombre d'outils servant à la fabrication d'objets techniques; ces techniques peuvent être vues comme des savoir-faire transposables à la vie en dehors de l'école. Les citations suivantes mettent en lumière ces noyaux d'idée :

P : Comprendre. Moi, je pense que de comprendre quelque chose c'est important. Nos jeunes, ils l'ont comme perdu ça. Ils sont de la génération plug and play. Ils ne lisent pas les livres d'instruction avant d'utiliser quelque chose. Ils ne se posent pas de questions sur ce qui se passe sur un appareil ou une technologie. Et lorsqu'elle n'est plus bonne, peut-être à cause d'une chose banale, ils sont prêts à en disposer facilement. Moi j'essaie toujours de leur dire que : « la science elle va vous

⁶⁷ Les intentions pédagogiques inscrites sur le cahier de l'élève sont les suivantes « 1- Concevoir un objet technique en y incorporant certaines notions d'électricité, 2-Réaliser un circuit électrique opérationnel. 3-Déterminer le bon circuit électrique en fonction des besoins » [Le jeu de kermesse, CE, 3-4].

aider à garder une logique, à comprendre, à analyser et peut-être résoudre un problème sans l'aide de personne et vous allez sauver des sous. [...] Je n'ai pas besoin d'appeler un spécialiste. J'ai une belle logique, j'ai la méthode pour réfléchir, pour faire des tests, et je suis capable de résoudre certains problèmes." » [...] Et aussi être capable d'apporter son petit grain de sel à n'importe quel sujet. D'être connaissant, moi je trouve que c'est important. C'est une richesse. C'est la base. Quand quelqu'un ne connaît pas quelque chose et tu peux lui raconter n'importe quoi et il ne critiquera rien, tu te dis : « y'en a manqué une ».

[Marc, E. I., 291-296]

P : C'est peut-être un peu plus de les former. T'sais tout ce que j'ai dit avant à propos de l'aérodynamisme, de la portance... Les concepts reliés. [...]. Et là on essaie après de généraliser l'aviation. [...] C'est sûr que je vais revenir avec ça en classe. Parce que c'est la vraie vie qu'ils ont à apprendre. Je me dis, si je suis capable de leur amener un petit quelque chose de plus à leur fait expérimenter avec nos expériences et qu'ils le voient, ils vont être capables de transférer ça à la vraie vie.

[Marc, E.I., 54 -58]

P : Et connaître les outils... je ne te dis pas qu'ils vont tous acheter une scie à ruban, mais les perceuses et... regarde la grignoteuse à tôle, quand on a sorti l'équipement... ce sont des choses que je trouve plaisantes à leur transférer comme connaissance. Je leur dis toujours « vous allez savoir que ça existe et ce que ça fait [...] ».

[Marc, E. F., 20-21]

P : Ça fait que les élèves ils vont s'en souvenir un peu de ce que c'est la portance. L'élargissement. [...] Moi, la débrouillardise [...] on s'entends-tu que ces jeunes-là on veut surtout les amener à être débrouillards et informés et être capables d'être critiques aussi. Moi j'aime ça un jeune qui est critique. [...] Dans la vie ça va sûrement leur servir.

[Marc, E. I., 66-68]

La précédente citation fait aussi référence à des apprentissages intégrés, qui dépassent les apprentissages disciplinaires, tels que la pensée critique, faisant écho au développement de compétences transversales.

L'entrepreneuriat et la communication sont également désignés comme des visées inhérentes à celles-ci.

La citation ci-bas illustre cette visée de l'activité :

P : Je te dirais que je vois quand même un peu de l'entrepreneuriat là-dedans [...] Parce que vu qu'on les laisse un peu libre puis là, le besoin c'est de créer un objet qui serait capable de voler, mais qui doit être beau aussi. À la limite on pourrait se partir une petite entreprise « Planneur 301 » puis on pourrait en vendre là. [...] C'est la fibre entrepreneuriale. Ce n'est pas donné à tout le monde, mais si on peut juste leur, tu sais la petite étincelle qui va faire » Ah oui, je ne hais pas ça ! ». Tu sais des fois on essaie de toucher un petit peu à tout, des fois ce n'est pas super relié à la matière, mais tu sais, nous autres, c'est un peu ça notre but en [enseignement de la] science dans le fond, c'est d'aller chercher le petit « oumph ! », qu'ils ne sont pas capables d'exprimer ou qu'ils vont découvrir [...] Tu sais, des fois, ça les fait allumer des petites « switchs ».

[Marc, E. I., 73-84]

P : Transversale, moi j'aime beaucoup, comme je te disais tantôt, la communication. Ils sont fiers de venir parler de leurs idées, de leur projet. Tu as vu tout à l'heure, ils viennent tous te voir : « moi j'ai pensé à ça, à ça. » Et à la fin, ils ne le savent pas, mais je vais leur faire présenter leur planeur. Leur tour de paille, j'ai vu ce qui s'était déroulé et je me disais que ce serait le fun de leur donner chacun une petite minute de gloire pour expliquer leur tour c'est quoi le concept, les forces de ce qu'ils ont inventé. Puis après, on fait un test, on fait la démonstration. Fait que là, leur planeur avant de faire la grosse compétition avec le lancer, j'aimerais ça. Tu as vu, je leur ai dit : « ça prend un nom, faut que ce soit significatif ». Fait que là c'est le début. Moi j'aime beaucoup la communication.

[Marc, E.I., 95]

Marc évoque le sentiment de fierté que la réalisation d'un tel projet peut susciter chez les élèves et, complémentairement, l'engagement accru des élèves à l'intérieur de l'activité. Cela permet également de découvrir des aspects des élèves (p.ex. des compétences particulières) que l'école ne permet pas fréquemment de révéler ou de mettre en pratique, ce qui agirait positivement sur ce sentiment de fierté. Les citations suivantes abordent respectivement ces deux visées :

P : La fierté d'avoir réussi. Ça, c'est quelque chose qu'on ne cultive plus beaucoup chez nos jeunes : la fierté de réussir [...] Moi je me suis remis en question, ça fait longtemps. Faut que tu changes des choses parce que ces jeunes-là, ils sont intelligents, c'est sûr qu'ils sont intelligents mais ils ne sont plus motivés. Ça ne les rejoint pas. Ils nous le montrent avec leur note. C'est rendu que de ne plus réussir, c'est banal [...] Et avec des projets comme ça, des fois, qui sont simples, ils ont des réussites. Et ça les amène à avoir confiance en eux, je trouve, et à vouloir essayer plus. Je ne te dis pas qu'ils étudient 15 heures de plus chez eux le soir pour mon projet. Ils semblent plus impliqués en classe, c'est pas mal.

[Marc, E. I., 158-165]

P : [...] Tu regardes le petit tannant qui n'est pas tout le temps fin, la fille elle l'a vu faire sa carlingue, et il est vraiment hot là-dedans. Elle est allée lui dire : « bravo, il est vraiment hot ». Je suis allé lui dire aussi. Il était fier de lui. Entre élèves, ils se félicitent entre eux autres. « Tu as fait un bon coup et je ne savais pas que tu étais " hot " de même là-dedans ». Ils se font découvrir des autres aussi. Ça, j'aime ça. Parce que des fois, on a une idée préconçue sur quelqu'un, mais y'a des points forts qu'on ne connaissait pas. On le découvre et je me dis, ça le met en valeur.

[Marc, E. I., 204-211]

Enfin, Marc évoque la compréhension particulière des concepts scientifiques rattachés au projet que les élèves développeraient au cours de l'élaboration de leur planeur.

P : [...] On les fait bouger et en même temps on leur apprend le concept relié à. Fait que finalement, dans un esprit de camaraderie, de fabrication, de liberté, ils apprennent à faire un objet, mais

rattacher à des concepts qu'on leur a appris [...] Là, les concepts, vu qu'ils avaient la gravité, c'est sûr qu'on le voit dans nos cours [...] Mais là, on a un projet qui leur montre à essayer vaincre la gravité pour un certain temps pour être en suspension dans l'air. Les concepts de portance et de traînée n'étaient pas dans notre cours, c'est de l'extra, mais ce sera travaillé quand même.

[Marc, E. I., 60-62]

Le laboratoire de robotique MRUA — Catherine (Visées)

L'activité du laboratoire de robotique MRUA se focalise sur un nombre de visées plus limités. La CST semble néanmoins une préoccupation également partagée par Catherine. En effet, l'approfondissement de savoirs scientifiques liés à la cinématique, notamment la relation entre l'accélération, la variation de la vitesse, la distance parcourue et le temps ainsi que leur représentation sous forme de graphiques est très clairement l'objectif central poursuivi. Cette activité est également propice à l'apprentissage de différentes notions liées à la technologie (p.ex. initiation à la programmation et à la robotique). Les passages d'entretien suivants relatent la vision de l'enseignante à cet égard :

P : Le but c'est d'analyser graphiquement un mouvement rectiligne uniformément accéléré. On est là dans le chapitre, on voit les trois graphiques, on fait des liens avec les pentes et l'aire sous la courbe. Mais en même temps ça leur permet d'intégrer les technologies, la robotique, un peu de programmation et d'utiliser Excel. [...]. Ça fait beaucoup de chose ! Mais au départ c'est d'analyser graphiquement un mouvement rectiligne uniformément accéléré.

[Catherine, E. I., 124-125]

P : [...] ce que je voulais dire c'est que pour faire cet exercice-là, tu vois indépendamment chacun des graphiques. Mais de passer d'un à l'autre, et de voir les liens qui existent entre chacun, moi je pense que l'analyse en fait d'un mouvement à partir du premier et de voir que tu peux passer à l'autre avec le calcul des pentes ou de l'aire sous la courbe, etc... ça devient quand même assez complexe quand tu n'es pas capable de faire les liens dans une activité. Je pense que c'est nécessaire dans la compréhension de cette partie de matière là [...] C'est sûr qu'on saute les étapes qui sont plus laborieuses qui sont que des petits tracés ou des trucs comme ça. Là, il est là ton graphique maintenant, fais-en l'analyse. C'est le but.

[Catherine, E. F., 38-41]

Par ailleurs, la préparation des élèves pour les exigences de leur formation postsecondaire semble une visée identifiée par l'enseignante et inhérente à ce laboratoire de robotique. Celle-ci passerait par l'utilisation de logiciel (c.-à-d. Excel) dont ils auront à faire prochainement usage au cégep, les préparant dès lors un peu plus à ce qui les attend après le secondaire. Aussi, il est également question de présenter des avenues de carrière inédites pour les élèves, notamment avec les nombreux métiers qui se conjuguent désormais avec la robotique. Les passages suivants précisent la pensée de l'enseignante sur ces points particuliers :

P : [...] l'an prochain, tu arrives au cégep, si tu vas en sciences nature ou peu importe et tu as besoin justement de... ça c'est un must pour eux autres [...] Tu as le PEI, sports études ça va vite vite vite. Je pense que pour eux ç'a été vraiment quelque chose de plus. Parce qu'on le sait, moi j'ai fait le PEI, on arrive très préparé au niveau des TICS, l'utilisation des logiciels informatiques. Alors c'est plus facile [le CÉGEP] pour nous, je considère. Je pense que les profs aussi considèrent... constatent que ça fait une différence.

[Catherine, E. F., 14-17]

P : Oui et moi ce que je leur montre aussi avant... je m'étais fait un petit PPT sur c'est quoi la robotique, dans la vie de tous les jours, la robotique industrielle, l'exploration spatiale, le cinéma, les humains... j'ai un petit vidéo où tu vois des objets technologiques où tu te dis « hey, on est rendu là ». Il y avait d'autres domaines comme la santé, l'éducation... j'ai ajouté ça. Au final, je me dis que ça peut leur faire prendre conscience que dans le futur ils vont travailler dans des industries, des usines, des milieux de travail où il y aura des robots. [...] Aussi je me dis que ça peut faire un déclic, qu'il y en ait un ou deux qui se disent qu'ils aiment ça et que ça les intéresse. Ça peut semer quelque chose, des petites graines !

[Catherine, E. I., 126-129]

Le compteur d'eau-Carole (Visées)

L'activité du compteur d'eau vise principalement le réinvestissement et la consolidation de notions liées à la technologie et, subsidiairement, aux sciences. En effet, Carole fait mention très clairement de son désir de réunir des concepts liés aux ingénieries mécanique (c.-à-d. fonctions mécaniques) et électrique (c.-à-d. fonctions électriques), au langage des lignes (c.-à-d. dessin technique) ainsi qu'à des notions scientifiques (c.-à-d. lois de Ohms, notions liées au circuit électrique). Les citations suivantes sont révélatrices de la pensée de l'enseignante à cet égard :

P : Moi, qu'ils aient appris à faire les différents types de mécanisme qui sont présents. Donc, est-ce qu'ils ont analysé au départ ? Est-ce qu'ils sont capables de reconnaître les mêmes dans les leurs ? Et distinguer justement tout ce qu'ils ont vu dans le chapitre 12, 13. Être capable de faire des plans, ça, c'est le chapitre 12. Dans le 13, c'est transmission de mouvements, transformation de mouvement. Dans le chapitre 14, circuit électrique : est-il en série ? En parallèle ? Interrupteur fermé, est-ce un bipolaire ou un unipolaire ? Unidirectionnel ou bidirectionnel ? Je veux vraiment qu'ils utilisent le plus possible le vocabulaire qu'ils ont appris et qu'ils l'intègrent comme il faut à la bonne place. On s'entend que ce n'est pas très compliqué, il n'y a pas de circuit monté en parallèle là-dedans. Je leur ai fait ça simple [...] Liens avec les plans. Tu m'as fait un plan, mais ce que tu as fait, est-ce que c'est similaire... Y'en a qui vont me dessiner un plan, mais ce ne sera pas pantoute ce qu'ils vont m'avoir construit. Après ça, décrire la partie mécanique, décrire la partie électrique et faire des liens entre la partie mécanique et électrique. S'ils me font tout ça, ils vont chercher la majorité des points là-dedans.

[Carole, E. I., 322-323]

P : C'est ça oui. Parce que l'ingénierie électrique veut pas il faut aller avec le chapitre 5 qui est justement toute la partie électrique avec des calculs.

[Carole, E. F., 21-22]

Pour l'enseignante, il s'agit également d'une activité permettant le réinvestissement de techniques telles que l'utilisation d'un fer à étamer, l'assemblage d'un circuit électrique, l'utilisation de machines-outils. Il s'agit de techniques déjà utilisées lors d'un précédent projet qui seront en quelque sorte consolidées par le défi de fabrication d'un compteur d'eau.

P : Puis là je vais voir comment ils vont me monter ça. Je vais sortir un fer à étamer pour qu'ils puissent souder leur affaire. Ils vont développer d'autres méthodes, d'autres techniques [de fabrication], qu'ils sont censés avoir développées avec le MIM. Certains étaient peut-être moins habiles, ils vont pouvoir se reprendre.

[Carole, E.I., 310]

Il semble donc que cette activité invite les élèves de résoudre un problème complexe dont la résolution amène inévitablement à en apprendre davantage sur l'interface des sciences et de la technologie. Les élèves ont à naviguer entre l'utilisation de techniques variées (p.ex. dégainer un fil, souder à l'aide d'un fer à étamer, brancher des composantes électriques, manipuler des machines-outils, etc.) et appliquer des concepts scientifiques (p.ex. notions liées au circuit électrique) et technologiques (p.ex. les fonctions électriques et mécaniques, type de schéma, etc.).

Sans l'identifier explicitement comme une visée, l'activité développée par Carole amène les élèves à se préparer également en précision de l'examen du ministère de fin d'année qui comporte une tâche d'analyse technologique. Cet aspect apparaît plus fortement dans le choix du scénario de l'activité qui reproduit un contexte similaire à celui qui prévaut lors de ladite épreuve. Les propos de Carole à cet égard :

P : Au début, la première période, ça va être de présenter l'animation. Puis je vais m'organiser pour la mettre en boucles.

C : Ça, ça va être le contexte de départ.

*P : **Je fais comme un examen de fin d'année.** Ils vont voir le compteur d'eau là. C'est ici, je le mets en boucle. C'est vraiment l'animation du ministère. Ensuite, ils vont monter la partie mécanique, la partie électrique dans la phase de conception.*

[Carole, E.I., 304-308]

Enfin, Carole voit également dans cette activité la possibilité de susciter l'intérêt des élèves, envers les ST, que l'on pourrait décrire comme plus général. Cet intérêt serait un élément déclencheur, une invitation pour les élèves à s'initier à l'univers des sciences et de la technologie.

P : Moi personnellement, c'est important de l'enseigner pour l'intérêt, la curiosité. Et quand tu es curieux et que tu veux une réponse à une question, bien y'a une démarche à suivre. Et ça peut aller jusqu'à l'expérimentation, que ce soit le côté scientifique comme le côté techno [...].

[Carole, E. I., 109-112]

4.1.2.2 Les visées inhérentes aux enseignants

L'analyse du corpus de données a révélé la présence de visées inhérentes aux enseignants, uniquement chez Catherine pour l'élaboration du laboratoire de robotique MRUA. En effet, Catherine mentionne s'être elle-même initiée à la robotique ainsi qu'à la programmation, domaines pour lesquels elle ne possédait aucune connaissance antérieure. Ce développement a été rendu possible grâce à sa collaboration proximale avec une autre enseignante de l'école qui était plus familière avec la programmation de robots et qui a été à ses côtés à la fois pour développer et piloter l'activité. Les passages de l'entretien avec Catherine sont fort parlants à ces égards :

P : Ok. Oui bien moi, sincèrement l'activité je l'apprécie beaucoup parce que pour moi aussi c'était une initiation au niveau de la robotique. Alors la programmation aussi, s'appropriier vraiment les programmes [...]

[Catherine, E.F., 5]

P : Oui, [nom de l'enseignante experte] accepte de venir en classe en temps supplémentaire. Fait que tu sais, y'a, c'est ça, y'a le bon vouloir de tous et ensemble pour que ça fasse de quoi de super pas pire. Je voudrais qu'elle soit là encore si je refaisais l'activité. On s'entend que je ne programme pas tous les jours. Pas du tout. Même moi, c'était une initiation pour moi aussi à la base. C'était le fun, de ce côté-là, ça prend ça aussi.

[Catherine, E. F., 59-62]

Par ailleurs, l'enseignante semble vouloir apprendre également comment la robotique et la programmation peuvent servir à mieux enseigner la physique du secondaire. Cela fait écho davantage à un développement associé à la connaissance pédagogique des contenus, comme le suggère la citation ci-dessous :

P : [...] Mais ça va me permettre peut-être de développer un autre projet avec [une autre enseignante] et de voir ce qu'on pourrait aller chercher au niveau de l'intégration justement de cette technologie-là, versus la physique.

[Catherine, E.F., 6]

4.1.2.3 Les visées de l'intégration : analyse transversale de cas

L'analyse individuelle des cas a permis de mettre en lumière les visées davantage prises en charges et aussi de préciser celles-ci en fonction des contextes des différents cas à l'étude. La présente section dégage les points de convergence ou de divergence pour les chacun des items de la rubrique. Le tableau 7 rapporte les principaux résultats issus de cette analyse. Il importe de préciser qu'uniquement les visées relatives aux élèves sont ici présentées, et ce, notamment en raison du fait que les visées relatives aux enseignants ont été marginales parmi notre premier niveau d'analyse.

D'abord, considérant les visées relatives à la culture scientifique et technologique, celles-ci semblent être unanimement identifiées comme cible par les enseignants. Les points de convergence entre les cas concernent :

- 1- Le transfert des apprentissages effectués en ST à la vie de tous les jours (p. ex. la compréhension du fonctionnement d'objets techniques variés);
- 2- l'acquisition de savoirs scientifiques et technologiques « disciplinaires » variés;
- 3- la maîtrise de techniques particulières, notamment de fabrication et de programmation.

En ce qui a trait aux visées relatives aux compétences transversales, aussi nommées ailleurs « savoirs intégrés », celles-ci n'ont pas été particulièrement évoquées par les enseignants (1/4). La préparation aux études postsecondaires ou au marché du travail a été évoquée par deux enseignants, soit Marc et Catherine. Pour ces deux participants, il était question : 1) d'ouvrir les possibles en matière de carrières relatives aux ST ou, autrement, 2) de les préparer aux études postsecondaires.

L'intérêt et l'engagement des élèves ont été mentionnés par plusieurs de nos enseignants (3/4), mais il appert que les points de convergence sont plus flous et semblent moins alignés entre eux. Il s'agit tantôt de rejoindre l'intérêt des élèves ou de la cultiver, tantôt de travailler le sentiment de fierté, de faire vivre des réussites ou d'attiser la curiosité des élèves. Néanmoins, le dénominateur commun à ces perspectives semble reposer sur la volonté d'engager les élèves de manière accrue dans les activités vécues en classe de ST. Cet engagement serait simplement fonction de quelque chose relevant de l'altérité (c.-à-d. de l'intérêt, de la fierté, de la curiosité ou encore de la réussite). La catégorie « réussite des élèves » a aussi été ajoutée au cadre d'analyse initial, qui ne prévoyait pas l'apparition d'une telle visée.

Tableau 4.2 — Synthèse des visées pour les élèves des activités d'intégration des ST en fonction des cas

	<i>Le jeu de kermesse (Caroline)</i>	<i>Le planeur (Marc)</i>	<i>Le laboratoire de robotique-MRUA (Catherine)</i>	<i>Le compteur d'eau (Carole)</i>
Culture scientifique et technologique	<ul style="list-style-type: none"> – Préparation des élèves à vivre dans une société de plus en plus technologique. – Comprendre le fonctionnement d'objets techniques pour être en mesure de les réparer et limiter leur consommation. – Mobiliser des savoirs disciplinaires (scientifiques et technologiques) à l'intérieur d'un contexte proche de la vie réelle. 	<ul style="list-style-type: none"> – Développer la « débrouillardise » des élèves. – Avoir des connaissances en ST dont ils pourront faire usage/transférer dans leur vie de tous les jours. – Comprendre le fonctionnement d'objets techniques pour être en mesure de les réparer et limiter leur consommation. – Développer des techniques (<i>p.ex.</i> utilisation d'outils, de matériel de dessin technique). 	<ul style="list-style-type: none"> – Approfondir des savoirs scientifiques liés à la cinématique ainsi que des notions liées à la robotique et à la programmation (technologie). 	<ul style="list-style-type: none"> – Mettre à profit des savoirs disciplinaires (scientifiques et technologiques). – Réinvestir des techniques de fabrication (<i>p.ex.</i> utilisation d'un fer à étamer)
Compétences transversales		<ul style="list-style-type: none"> – Éveiller ou stimuler la fibre entrepreneuriale des élèves. – Former à l'esprit critique. – Développer la communication chez les élèves. 		
Préparation au marché du travail ou aux études postsecondaires	–	– Considérer l'entrepreneuriat comme une avenue de carrière possible.	<ul style="list-style-type: none"> – Préparation aux études postsecondaires. – Exposer de nouvelles avenues de carrière relative aux ST, en l'occurrence en lien avec la robotique. 	
Intérêt et engagement des élèves	<ul style="list-style-type: none"> – « Allumer » les élèves sur l'électricité, en leur permettant de vivre une activité qui rendra plus accessible cette matière à leurs yeux. 	<ul style="list-style-type: none"> – Faire vivre des réussites aux élèves pour qu'ils s'engagent davantage dans les activités de ST. – Développer un sentiment de « fierté » à l'égard de leur capacité à créer et fabriquer des artéfacts technologiques. 		– Cultiver la curiosité des élèves à l'égard des ST.
Réussite scolaire des élèves	<ul style="list-style-type: none"> – Préparer les élèves en prévision de l'examen du ministère (tâche d'analyse technologique). 	–		– Préparer les élèves en prévision de l'examen du ministère (tâche d'analyse technologique).

<p>Liens entre les ST</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Comprendre les liens entre l'électricité dynamique, l'ingénierie électrique, la démarche de conception technologique et les techniques de fabrication. 	<ul style="list-style-type: none"> - Comprendre les liens entre concepts scientifiques (<i>p.ex.</i> gravité, portance, trainée) et technologiques (<i>p.ex.</i> profils des ailes, caractéristiques des aéronefs, etc.) liés au vol par la manipulation et la conception/fabrication (démarche technologique) de planeur. 		<ul style="list-style-type: none"> - Comprendre les liens entre l'électricité dynamique, l'ingénierie électrique, la conception et la fabrication.
----------------------------------	--	---	--	---

En effet, deux activités sur quatre (Le jeu de kermesse et Le compteur d'eau) avaient également pour objectif de préparer les élèves en prévision de l'épreuve du ministère de fin d'année qui comporte une tâche d'analyse technologique. Bien que les moyens pour y parvenir soient différents d'une activité à l'autre, il semblerait néanmoins important que les activités permettent aux élèves de se familiariser à la résolution de ce genre de tâches (p. ex. s'exercer à faire de l'analyse technologique) et encore en faciliter certains aspects (p. ex. comprendre le fonctionnement de circuits électriques).

Enfin, la majorité (3/4) des cas d'activités étudiées souhaitaient que les élèves apprennent à naviguer à l'interface des sciences et de la technologie, notamment à travers les savoirs scientifiques et les savoirs technologiques. Cette navigation est généralement rendue possible par la démarche de conception technologique qui permet d'agencer les savoirs autour d'elle de manière proximale et pertinente

4.1.3 La nature et l'ampleur de l'intégration

La nature et l'ampleur de l'intégration se déclinent entre trois grands éléments qui en permettent la description, soit les liens entre les univers d'apprentissage et les démarches en ST, l'emphase disciplinaire ainsi que la durée, la dimension et la complexité de l'initiative d'intégration. Brièvement, le type de liens s'intéresse aux relations et aux connexions entre les ST que l'activité d'intégration à l'étude met de l'avant alors que le second item, l'emphase disciplinaire, concerne l'identification, le cas échéant, de la discipline qui joue un rôle pivot ou une position dominante. Dans la présentation des résultats, ces derniers éléments ont été schématisés afin de rendre plus visible l'organisation des savoirs et des démarches au sein de chacune des activités. Aussi, les initiatives d'intégration en ST peuvent aussi être déclinées en fonction de variables telles que la durée, la dimension et la complexité de l'intervention intégrée qui respectivement réfèrent au nombre de cours, au nombre de personnes impliquées dans l'activité et à la l'importance relative de l'initiative d'intégration par rapport à des activités analogues. Il s'agit pour le dire autrement de variables qui ont trait au « comment » de la mise en œuvre des activités d'intégration et mettent en relief des enjeux pragmatiques à ces situations sur ce même plan.

Les catégories d'analyse relatives à la présente rubrique sont ensuite détaillées pour chacun des cas et finalement mises en relation par l'analyse transversale.

Le jeu de kermesse-Caroline (Nature et ampleur)

L'activité du jeu de kermesse propose une hybridation particulière entre sciences et technologie. La Figure 4.10 — *Jeu de kermesse-Schéma d'intégration des liens ST*⁶⁸ propose une schématisation résumant l'échafaudage des liens ST particuliers à cette activité.

D'abord, celle-ci est portée par un défi de conception technologique qui conduit à l'approfondissement de savoirs et de techniques gravitant autour du thème de l'électricité. Cette prise en charge de la démarche est d'ailleurs particulièrement manifeste à l'intérieur de cahier de l'élève qui s'inspire de la structure

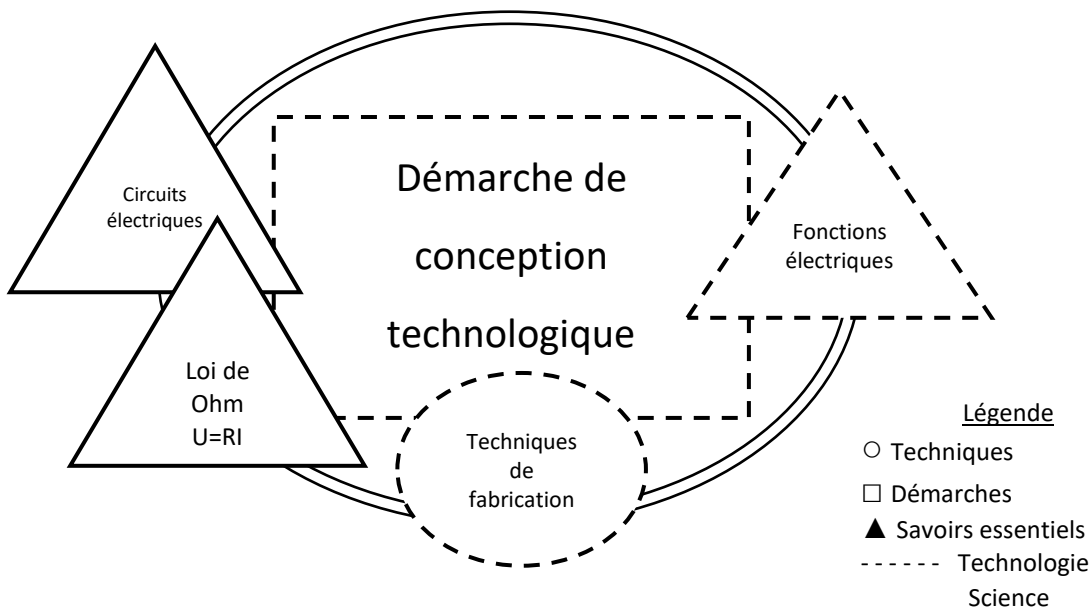


Figure 4.10 — Jeu de kermesse-Schéma d'intégration des liens ST

usuelle de ladite démarche (*p.ex.* cahier de charges et définition des contraintes, recherche de solutions, planification des étapes, ressources nécessaires, etc.). L'enseignante mentionne s'être d'ailleurs inspirée des guides produits par le Défi génie inventif pour élaborer son matériel :

⁶⁸ Ce schéma concerne les relations entre les disciplines sciences (en trait continu) et technologie (en trait pointillé), se déclinant en fonction des savoirs (▲), des démarches (□) et des techniques (○) prises en charge par l'activité. L'organisation spatiale permet de repérer les éléments centraux de ceux plus périphériques de même que de constater si un équilibre est présent entre les contenus de sciences et de technologie.

P : En fait, je ne te cacherais pas que je me suis basé sur le cahier de charge du Défi génie inventif. [...] De respecter l'ordre... penser à ton matériel, penser à la sécurité, planifier les tâches à faire... je trouvais ça bien, donc je me suis basée dessus. Je ne l'ai pas inventé...

[Caroline, E.F., 79-82]

Ensuite, en ce qui a trait aux savoirs essentiels, cette activité articule des savoirs à la fois scientifiques et technologiques. Les savoirs scientifiques sont relatifs à l'électricité dynamique, notamment les notions en lien avec la loi d'Ohm (*p.ex.* appliquer la relation mathématique entre la tension, la résistance et l'intensité du courant dans un circuit électrique [$U = RI$]) et les circuits électriques (*p.ex.* décrire la fonction de divers éléments d'un circuit électrique, représenter un circuit électrique simple à l'aide d'un schéma). Quant aux savoirs technologiques, ceux-ci touchent principalement les notions de fonction (*p.ex.* fonction de commande, de conduction, d'isolation, d'alimentation, de transformation de l'énergie, etc.) relatives à l'ingénierie électrique. Enfin, l'activité permet de maîtriser et de mettre en pratique différentes techniques de fabrication pour les boîtiers de jeu (*p.ex.* mesurage, usinage, assemblage) ainsi que certaines plus spécialisées pour la confection d'artéfacts électroniques (*p.ex.* dénudage, épissure, soudure à l'étain, manipulation d'un fer à étamer). La Figure 4.11 — *Jeu de kermesse- Exemple 1 « TIC/TAC/TOE » (en haut) Exemple 2 « Le super collision » (en bas)* présente des exemples de jeux développés par les élèves dans le cadre de cette activité qui nous apparaissent très évocateurs quant à l'agencement de la démarche et des savoirs intégrés à l'intérieur de cette activité. Aussi, les citations suivantes issues de l'entretien initial avec Caroline éclairent davantage ce tissage :

P : Je suis allée vraiment avec, la notion que je veux aller revoir avec eux autres, retravailler avec eux autres. Tu sais, mon ingénierie électrique, c'est ça. L'électricité de façon générale, l'ingénierie électrique et rentrée un peu la techno un peu là-dedans.

[Caroline, E.I., 342-343]

P : Moi, mon objectif, c'est qu'ils prennent un fil, qu'ils le dégainent, qu'il le match avec un autre. Qu'il mette sa résistance, qu'il calcule sa bonne [valeur de] résistance. Qu'il ait son LED [...]

[Caroline, E.I., 306]



Planche de jeu



Circuit électrique

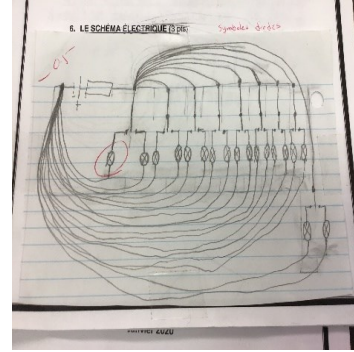


Schéma électrique



Planche de jeu



Circuit électrique

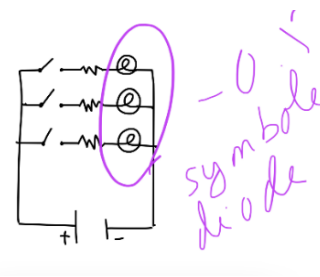


Schéma électrique

Figure 4.11 — Jeu de kermesse- Exemple 1 « TIC/TAC/TOE » (en haut) Exemple 2 « Le super collision » (en bas)

Concernant l'emphase disciplinaire, il est remarqué qu'un certain équilibre entre les contenus de sciences et de technologie est présent, l'intégration apparaissant bien balancée. Il est relevé néanmoins une prise en charge plus centrale de la démarche de conception, donc de la technologie, car celle-ci structure les différentes parties de l'activité d'intégration. Elle s'entrecroise néanmoins avec les concepts de sciences relatifs à l'électricité dynamique sans qu'un déséquilibre important semble s'installer.

Enfin, quant aux aspects qui permettent de décrire l'ampleur de l'initiative d'intégration, certaines caractéristiques de l'activité sont ici à considérer. Il est d'abord important de souligner que l'école ne dispose pas de classe-atelier. La mise en œuvre d'activités impliquant de la fabrication devient *de facto* rapidement complexe. Il est à cet égard remarqué que l'activité s'est déroulée sur deux cours, mais qu'une importante période s'est écoulée entre ces deux périodes afin de permettre la délocalisation du prototypage (conception et fabrication) des jeux. Ceci a permis, nous l'estimons, de proposer un défi plus

ambitieux aux élèves et, du même souffle, d’impliquer d’autres partenaires, en l’occurrence les parents, afin de soutenir les apprenants à différents égards.

Le planeur-Marc (Nature et ampleur)

La Figure 4.12 — *Le planeur-Schéma d’intégration des liens ST* propose derechef une représentation schématique illustrant le tissage entre sciences et technologie à l’intérieur de cette activité. À l’instar de l’activité précédente, on remarque que l’activité du planeur est aussi structurée par une démarche de

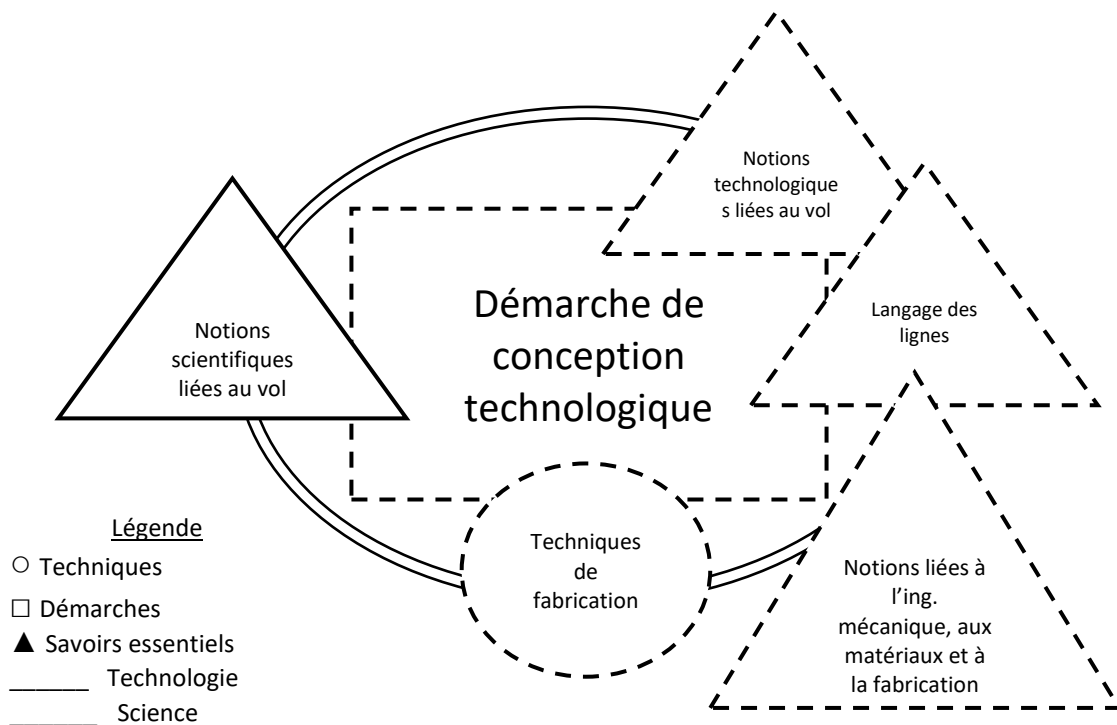


Figure 4.12 — Le planeur-Schéma d’intégration des liens ST

conception technologique par laquelle sont convoyés des savoirs scientifiques et technologiques, principalement liées au « vol » ainsi que de nombreuses techniques de fabrication. Selon les propos de Marc, apprendre à mettre en œuvre une démarche de conception technologique est un apprentissage qui a été amorcé antérieurement et qui se poursuit à l’intérieur de cette activité. Celle-ci occupe une double fonction de structure (*c.-à-d.* sur laquelle repose l’articulation des étapes de l’activité) et d’apprentissage (*c.-à-d.* que les élèves doivent apprendre à conduire). L’aspect structurant est perceptible à l’intérieur du cahier de l’élève où les étapes de la démarche composent les rubriques du document (*p.ex.* « Décris le

problème dans tes mots », « Illustre ta solution-Croquis », « Planifie ta démarche », « Ajustements à ta démarche de construction »).

Cependant, il ne s'agit pas d'uniquement structurer l'activité ou de la faire vivre aux élèves, mais davantage qu'elle soit un élément de transfert avec lequel pourront repartir les élèves et l'appliquer à des situations analogues. Les propos de Marc ci-dessous précisent cette idée :

P : [...]. Pourquoi on fait ça ? « Le planeur le but c'est qu'il soit beau » Tu as vu tout de suite, il y en a qui m'ont repris. Ils commencent à être habitués un peu dans leur mentalité là. Ils vont développer la démarche de conception technologique automatiquement entre eux. Ça s'en vient. Tu as toujours un petit croquis, un schéma de principes, un schéma de construction, ton retour avec des critiques. Les étapes de conception finalement. [...] Oui, ça, c'est dans notre cahier. Ils doivent voir c'est quoi les schémas de principes, de construction, les forces, les mouvements, tout ça. Donc, ils l'appliquent à leur projet. Déjà là, c'est mieux que de le lire dans un livre selon moi.
[Marc, E.I., 89-90]

Ensuite, en ce qui a trait aux savoirs essentiels, cette activité articule des savoirs à la fois scientifiques et technologiques, notamment liés à l'aéronautique. Les savoirs scientifiques concernent l'aérodynamisme (*p.ex.* trainée, friction de l'air), le principe de Bernoulli (*p.ex.* expliquer la notion de portance à l'aide du principe) et l'effet de la gravité. L'enseignant intègre plusieurs formules relatives à ces principes scientifiques, mais il s'agit pour lui de mettre en lumière des « variables » (*p.ex.* la masse du planeur, la surface des ailes, etc.) qui agissent sur la portance ou la trainée. Il s'agit donc plutôt d'une lecture qualitative de ces formules permettant de dégager des caractéristiques à contrôler lors de l'élaboration des planeurs (*p.ex.* légèreté, dimension des ailes de grande envergure, diminution de la friction dans l'air, etc.). Les passages de l'entretien avec Marc explicitent l'agencement et la fonction des savoirs en question :

P : L'aérodynamisme, on ne le voit pas non plus dans notre programme, mais on en parle surtout pour comprendre la trainée, la résistance à l'air. C'est incontournable à mon avis.
[Marc, E.I., 89-90]

P : J'ai greffé ma théorie à ça. Quand j'ai envoyé la mise à jour [à la TTP] que j'avais fait, elle a dit : « les formules je ne comprends pas pourquoi. » Mais c'était juste pour cibler des variables [...] on est au courant que la surface est importante. On est au courant que la masse est importante parce qu'avec la gravité, etc.... La formule existe pour vrai et je n'ai pas vu ça dans mon urine ce matin [...] Les gens qui fabriquent des avions calculent à partir de ça pour déterminer si ça volera ou non [...] Donc, de leur avoir tout donné ça au début, plus la motivation, je me disais que je les ai outillés pour qu'ils puissent concevoir de manière réfléchie.
[Marc, E.I., 131-145]

Quant aux savoirs technologiques, ceux-ci touchent principalement des notions technologiques liées au vol d'un aéronef (*p.ex.* caractéristiques d'un planeur, profils des ailes, etc.), à l'ingénierie mécanique et aux matériaux (*p.ex.* l'effet d'une force sur un objet et sur certains matériaux, l'association de l'usage de différents types de matériaux à leurs propriétés respectives), à la fabrication (*p.ex.* initiation à la conception et à la fabrication de modèles (*p.ex.* traçage, découpe, assemblage de pièces variées)) ainsi qu'au langage des lignes (*p.ex.* schéma de principes, schéma de construction). Enfin, l'activité permet de maîtriser et de mettre en pratique différentes techniques de fabrication utilisées pour construire les planeurs (*p.ex.* mesurage, usinage, assemblage, utilisation de machines-outils).



Figure 4.13 — Le planeur — Exemple 1 « Aile de dragon »

Du point de vue de l'emphase disciplinaire, la discipline pivot ou centrale est très clairement la technologie, car plusieurs apprentissages la concernent (*p.ex.* schéma de principe, de construction, démarche de fabrication et de conception technologique). Par ailleurs, il est aussi très clair, à la fois par les observations effectuées sur le terrain ainsi que par les propos de Marc, que les savoirs scientifiques viennent ici surtout en appui au processus de conception pour aider les élèves à mieux réfléchir. L'analyse synoptique de l'activité rapporte au moins deux exemples (Coroplaste vs friction; Masse volumique des colles vs légèreté) où les élèves appuyaient leurs réflexions de ces savoirs scientifiques (voir AS-Le planeur, Section 2.4, Annexe V).

Enfin, concernant l'ampleur de l'intégration, différentes caractéristiques sont à considérer. D'abord, il s'agit d'une activité qui s'est déroulée sur sept cours, dont la plupart (6/7), en classe-atelier. L'apport de la TTP a donc été un facteur clé, car sa présence a été nécessaire pour la majeure partie du projet. Enfin, les élèves possédaient une certaine expérience de travail avec des activités analogues, notamment en raison de leur parcours « activité scientifique », parcours qui facilite et promeut la mise en place de telles situations.

Le laboratoire de robotique MRUA — Catherine (Nature et ampleur)

Le laboratoire de robotique-MRUA propose un agencement particulier de liens entre les sciences et la technologie. En effet, le défi posé par l'activité, soit de permettre aux élèves d'analyser graphiquement un mouvement rectiligne uniformément accéléré à partir d'un environnement robotisé, permet la rencontre à la fois de démarches et de savoirs inhérents aux sciences et à la technologie. La Figure 4.14 — *Le laboratoire de robotique MRUA-Schéma d'intégration des liens ST* traduit cet agencement spécifique. On remarque d'abord la mise en œuvre à l'intérieur de cette activité de deux démarches, soit la démarche expérimentale et la démarche de modélisation. La démarche expérimentale est présente étant donné que les élèves doivent déterminer (expérimentalement) l'accélération d'un robot dont on peut connaître la position en fonction du temps. De même, le cahier de l'élève emploie plusieurs rubriques/étapes propres à cette démarche, telles l'identification du but de l'expérience, la formulation d'hypothèses, l'identification des variables, l'explicitation du protocole, la présentation des résultats, etc. Par la suite, la démarche de modélisation se conjugue à la démarche expérimentale.

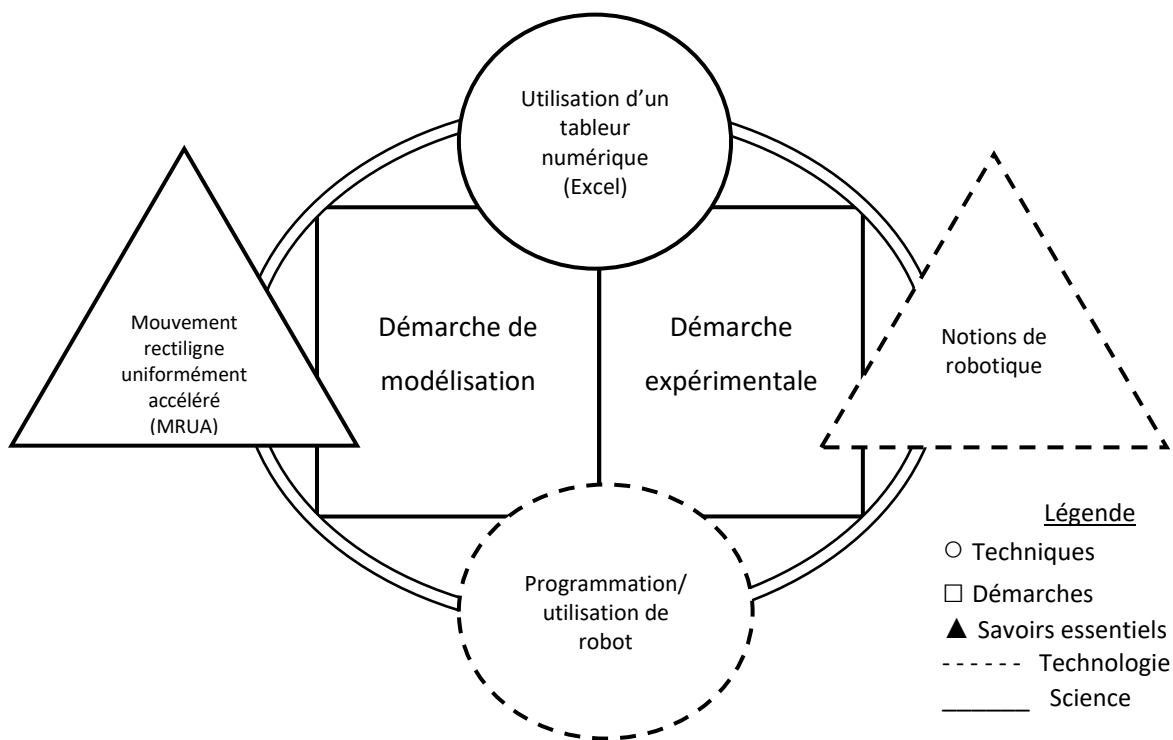


Figure 4.14 — Le laboratoire de robotique MRUA-Schéma d'intégration des liens ST

Celle-ci permet aux élèves de représenter graphiquement, à partir des données colligées par le robot lors des essais, la position de ce dernier en fonction du temps, ensuite, la vitesse en fonction du temps et finalement l'accélération en fonction du temps. Il s'agit en fait des représentations graphiques incontournables de l'étude des MRUA (voir figure 26 — *Le laboratoire de robotique MRUA-Exemple de graphiques produits par les élèves*). Les savoirs scientifiques travaillés dans l'activité sont par conséquent directement rattachés à cette dernière démarche, notamment la relation entre l'accélération, la variation de la vitesse, la distance parcourue et le temps.

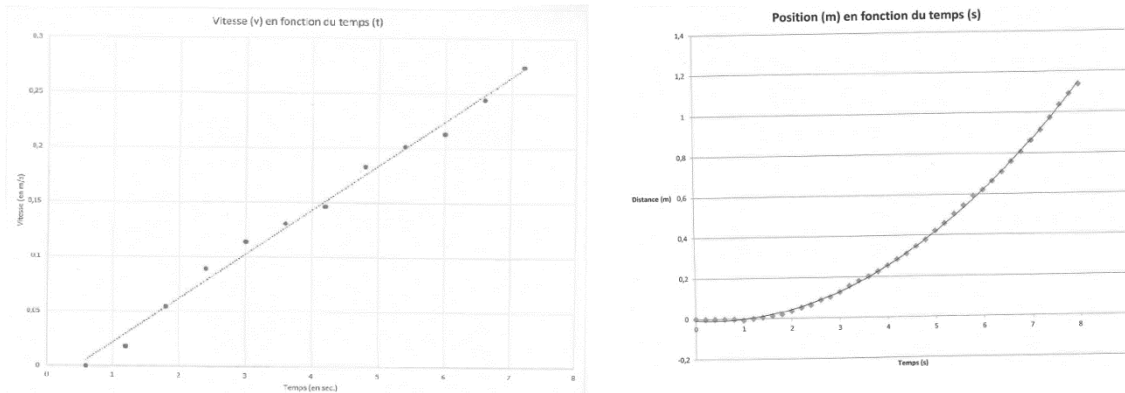


Figure 4.15 — Le laboratoire de robotique MRUA-Exemple de graphiques produits par les élèves

Ce passage de l'entretien avec l'enseignante responsable explique bien cette transition entre les données du robot, la modélisation graphique du MRUA qui s'ensuit ainsi que les manipulations mathématiques effectuées :

P : Une modélisation mathématique à partir de ses données importées dans Excel. Puis par le fait même, en ayant son premier graphique [...] Puis à partir de ce graphique ils doivent inscrire, dans leur table des valeurs, les données en sautant des intervalles parce que le robot prend beaucoup de données... ça n'en fait beaucoup. Ils calculent leur vitesse instantanée avec la méthode des intervalles. Ils sont capables de faire leur vitesse et je leur demande de produire avec Excel le deuxième graphique de la vitesse en fonction du temps. Avec le quadrillé et ils doivent calculer la pente qui va leur donner l'accélération. Ils vont pouvoir aussi calculer l'aire sous la courbe en découpant leur forme pour connaître enfin le déplacement du robot. Donc, ce que l'on faisait à la main, maintenant on utilise Excel [...]

[Catherine, EI, 122]

Cette activité est également le lieu d'apprentissage de différents savoirs liés à la technologie, notamment en matière de programmation (p.ex. élaboration d'un programme, fonction(s) d'un programme et liens avec la robotique) et de robotique (p.ex. fonctionnement d'un robot, composantes d'un robot).

Les élèves ont également développé différentes techniques scientifiques et technologiques, respectivement par l'utilisation d'un tableur numérique Excel ainsi que par l'opération d'un robot et de son interface de programmation.

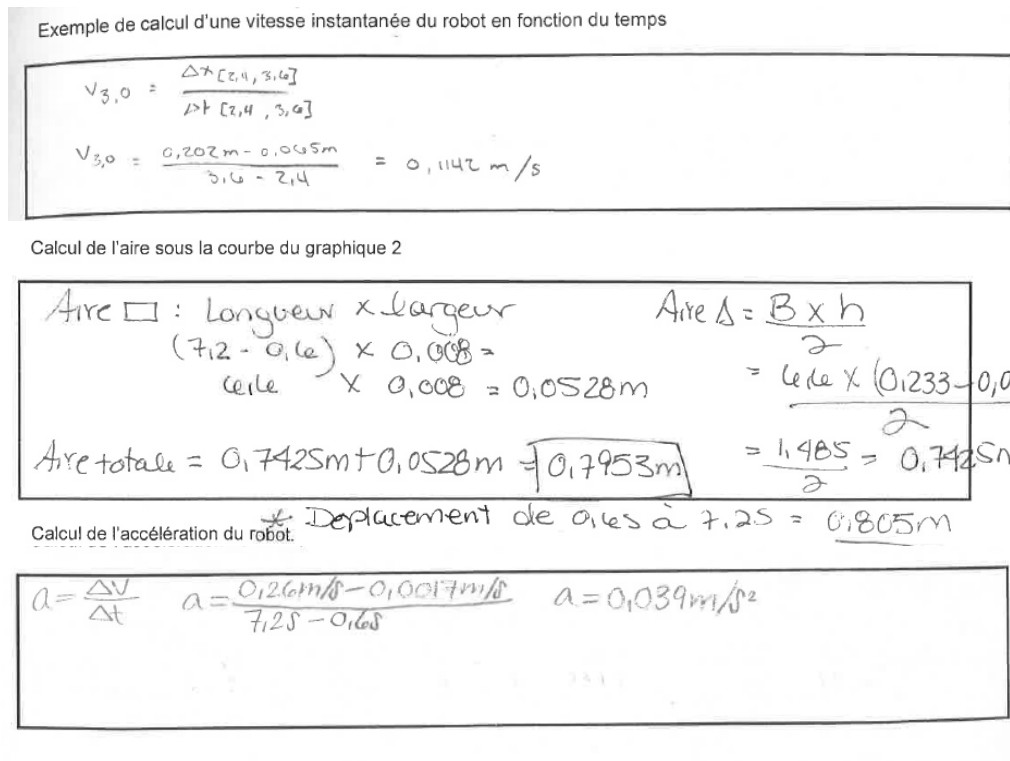


Figure 4.16 — Le laboratoire de robotique MRUA-Exemple de calculs réalisés par les élèves

Quant à l'emphase disciplinaire, il est estimé que le volet science occupe une place centrale à l'intérieur de cette activité, et ce, tant sur le plan des démarches que des savoirs mis en commun. La technologie, notamment les aspects de robotique et de programmation, apparaît subsidiaire (c.-à-d. « au sujet » voire « par » la robotique) qui apporte une contextualisation intéressante des apprentissages en sciences. Les propos de Catherine explicitent bien cet agencement hiérarchique de l'activité :

P : On est là dans le chapitre, on voit les trois graphiques, on fait des liens avec les pentes et l'aire sous la courbe. Mais en même temps ça leur permet d'intégrer les technologies, la robotique, un peu de programmation et d'utiliser Excel. [...]. Ça fait beaucoup de choses ! Mais au départ c'est d'analyser graphiquement un mouvement rectiligne uniformément accéléré.

[Catherine, E.I., 124-125]

Enfin, l'ampleur de l'initiative d'intégration est modulée par différentes variables. L'activité se déroule sur un cours, ce qui implique une organisation impeccable en amont de la mise en œuvre en salle de classe. Ensuite, l'activité fait appel à des trousseaux de robotique qui doivent être disponibles et en quantité suffisante. Le scénario de l'activité nécessitait aussi que les robots soient prêts à l'emploi, ce qui a impliqué

le pairage avec des élèves du premier cycle qui ont préalablement préparé ces derniers (assemblage des composantes). Les propos de Catherine à cet égard :

P : les robots ce sont les élèves de secondaire I qui les ont construits. Ils ont intégré un senseur qui permet de mesurer la distance où le robot se trouve... un capteur.

C : Donc, les élèves de secondaire I ont construit le robot...

P : Oui, ils ont monté le robot, les ont tous préparés en 14 séries, prêts à utiliser.

[Catherine, E.I., 118-120]

Le bon déroulement de l'activité, tant sur le plan de sa préparation en amont que lors de son déploiement en salle de classe, a aussi impliqué la participation d'une enseignante experte, responsable de l'option de robotique. Ce pairage a permis de proposer un défi plus important aux élèves et s'est avéré une condition facilitatrice voire *sine qua non* pour que Catherine se lance dans une activité de robotique. Enfin, il faut également souligner que les élèves n'étaient pas familiers avec la robotique, ce qui a ajouté une couche de complexité à cette initiative d'intégration pour laquelle il a été nécessaire de prévoir, entre autres, des supports (*p.ex.* tutoriels et guides) détaillés explicitant différentes procédures (*p.ex.* programmation, exportation des données)

Le compteur d'eau-Carole (Nature et ampleur)

L'activité du compteur d'eau articule sciences et technologie en faisant appel à un agencement particulier de démarches, de savoirs et de techniques. Le contexte de l'activité invite à emprunter deux démarches technologiques, soit l'analyse technologique et la conception technologique. En effet, les élèves doivent en premier lieu effectuer l'analyse technologique d'un dispositif de compteur d'eau. Cette analyse invite à l'utilisation de savoirs technologiques (*p.ex.* ing. électrique, ing. mécanique, schéma de principe) et scientifiques (*p.ex.* circuit électrique). Il importe également de mentionner que cette dernière démarche d'analyse est en fait une tâche issue d'une épreuve ministérielle des années précédentes. Elle constitue dès lors plus qu'une amorce à l'activité, car les élèves doivent apprendre à mener à bien une telle démarche en prévision de la prochaine épreuve de fin d'année.

Par la suite, cette dernière démarche débouche sur la seconde, soit la conception technologique qui se déploie dans un deuxième volet de l'activité à l'intérieur duquel les élèves doivent essentiellement

concevoir leur propre dispositif de compteur d'eau. Celle-ci structure le reste de l'activité. Ces passages

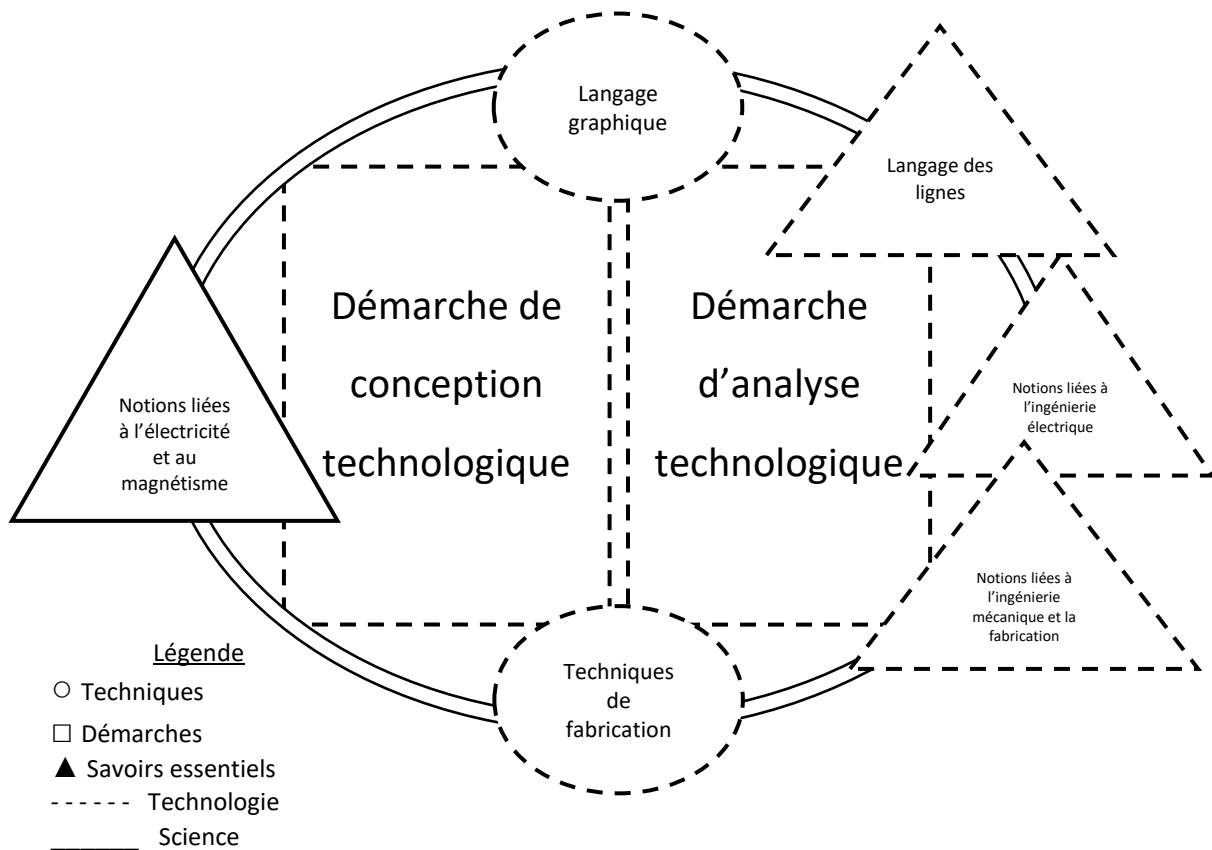


Figure 4.17 — Le compteur d'eau-Schéma d'intégration des liens ST

de l'entretien avec Carole explicitent bien la centralité de ces démarches technologiques au cœur de la trame de l'activité du compteur d'eau :

C : Donc on commence avec cette animation-là [...], ils font une première analyse. En suivant ça, je demande « dessiner un schéma de principes du compteur d'eau. » [...] Avec les explications du fonctionnement, fais qu'ils vont y aller pièce par pièce, comme si c'était une question de fin d'année du ministère. Après ça, maintenant on l'imagine.

C : Comment on va le construire.

P : Les pièces et les dessins dans les plans et toi qu'est-ce que tu veux faire. Ah, il peut y ressembler, mais le problème c'est qu'il ne faut pas que ça lui ressemble quand tu vas le faire.

C : C'est intéressant cette analyse technologique là qui s'en va vers une fabrication. Le design.

P : Oui. Ça fait partie de l'observation, le questionnement... l'observation ils l'ont fait. Ils ont observé ce qu'ils avaient. Après ça, ils vont se questionner « comment je vais faire mes pièces ». Puis après ça, ils vont le monter et essai/erreur : ça marche-tu ou ça marche-tu pas ?

[Carole, E.I., 310-321]

P : Bien moi, ça va être l'animation, et « tu me fais ça, avec le matériel qui est disponible. Tu en as à la maison, tu me l'amènes ». Le matériel électrique par contre, ça se limite à ce qu'on a. [...] On pose des contraintes. Un peu comme génie inventif, carrément. [...] Ça va vraiment ressembler à du génie inventif, mais façon ministère de l'Éducation.

[Carole, E.I., 165-170]

Par ailleurs, des savoirs scientifiques et technologiques entourent également la démarche de conception. Les savoirs scientifiques sont principalement en lien avec les circuits électriques (*p.ex.* schéma électrique). Ceux liés à la technologie sont plus vastes et aussi plus imprécis étant donné qu'ils permettent d'expliquer le fonctionnement des différents prototypes de compteur d'eau développés par les élèves. Selon nos observations, ces savoirs, bien que variés, touchent à peu près tous aux ingénieries mécanique (*p.ex.* fonctions mécaniques) et électrique (*p.ex.* fonctions électriques ainsi que la conception/fabrication d'artéfact (*p.ex.* matériaux, fabrication, langage des lignes). Enfin, des techniques de fabrication ainsi que d'autres, liées au langage des lignes, sont aussi nécessaires pour mener à bien l'activité.

En ce qui a trait à l'emphase disciplinaire, il apparaît clair que l'activité du compteur d'eau est plus axée sur la technologie que sur la science. La démarche de conception technologique occupe une place centrale et structurante dans l'activité. La démarche d'analyse technologique s'entrecroise avec cette autre démarche ainsi qu'avec une majorité d'éléments notionnels de l'univers technologique. Les savoirs scientifiques apportent une profondeur à la réflexion soutenant la conception et l'analyse du compteur d'eau, mais sont à notre avis plus périphériques que centraux.

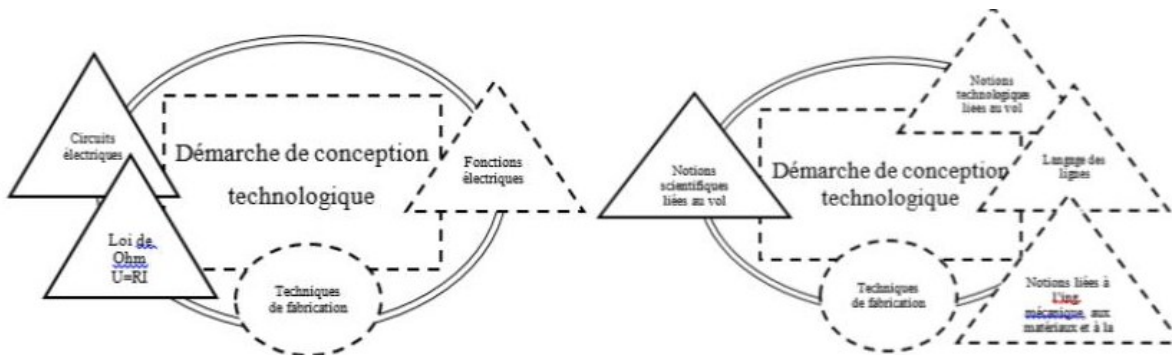
Enfin, l'ampleur de l'initiative d'intégration est fonction encore une fois de plusieurs facteurs. D'abord, l'activité s'est déroulée sur neuf (9) cours, ce qui en fait le plus long projet étudié dans le cadre de cette étude. Il s'agit également de l'activité proposant l'exploration du plus grand nombre de contenus notionnels différents, et ce, tant sur le plan des démarches que des savoirs. Par ailleurs, la fabrication des prototypes de compteurs d'eau a nécessité de travailler en classe-atelier et en classe régulière, ce qui a posé certains enjeux logistiques. Cela a impliqué notamment la présence de la TTP pour les moments de travail en classe-atelier. Enfin, bien que les élèves aient déjà participé à des projets analogues au cours de l'année, il est remarqué que celui-ci revêt un caractère particulièrement complexe en raison des nombreux apprentissages qui doivent être réinvestis et effectués pour mener le projet à terme.

4.1.3.1 La nature et l'ampleur de l'intégration : analyse transversale des cas

L'analyse individuelle des cas a permis de décrire plus exhaustivement la forme que revêt l'intégration des ST ainsi que l'étendue de cette dernière. Le Tableau 4.3 — *Synthèse des résultats inhérents à la nature et l'ampleur de l'intégration* résume les résultats en découlant. La présente section dégage quant à elle les points de convergences ou les faits saillants pour chacun des items de la rubrique à partir de l'analyse transversale. À cet égard, la Figure 4.18 propose une mise en commun des schémas d'intégration afin de faciliter ce mouvement d'analyse.

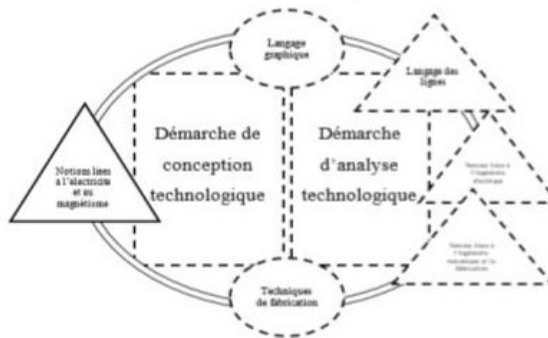
D'abord, considérant les liens entre les savoirs et les démarches en ST, il est constaté que la démarche de conception technologique semble être une démarche de choix pour les projets d'intégration, car elle s'est retrouvée au sein de trois activités sur quatre (3/4). D'autres démarches ont aussi été travaillées par les activités, soit la démarche d'analyse technologique, la démarche expérimentale, la démarche de modélisation. Les démarches sont en fait invoquées en fonction de la nature du défi proposé par les activités qui pour la plupart ont opté pour un problème technologique. Aussi, il est constaté que les démarches peuvent occuper deux fonctions, soit de structurer l'activité ou encore d'être un élément de transfert, c'est-à-dire pour lequel les élèves doivent développer une certaine maîtrise.

Quant aux savoirs proposés, ceux-ci sont assez variables et sont invoqués en fonction de leur pertinence eu égard à la nature du problème/défi du départ. Ainsi, beaucoup de savoirs « technologiques » ont été travaillés étant donné que les problèmes de nature technologique étaient aussi proportionnellement plus présents. D'autre part, lorsque les savoirs (scientifiques ou technologiques) sont accolés à la démarche de conception, il est remarqué que ceux-ci viennent en appui à la démarche de conception; ils « nourrissent » en quelque sorte la démarche. Enfin, les techniques (*p.ex.* fabrication, langage graphique, programmation et opération des robots) sont systématiquement présentes au sein des activités sans pour autant être « centrales ». Ces dernières sont néanmoins des incontournables aux activités de cet ordre, car elles ont fait partie intégrante du travail des élèves et des apprentissages qu'ils doivent réaliser.



Activité-*Le jeu de kermesse* (Caroline)

Activité- *Le planeur* (Marc)



Activité-*Le laboratoire de robotique MRUA* (Catherine)

Activité-*Le compteur d'eau* (Carole)

Figure 4.18 — Mise en commun des schémas d'intégration des ST

La mise en commun des résultats liés à l'emphase disciplinaire des activités permet de constater que l'équilibre entre les contenus de sciences et de technologie est plus rare. Un regard aux différents schémas d'intégration est très révélateur à cet égard. Néanmoins, l'équilibre a été observé dans une activité sur quatre, soit pour le jeu de kermesse. Cela démontre qu'il est possible d'offrir des activités « balancées » en termes de contenus, mais que cela peut s'avérer plus difficile à faire advenir dans la réalité. Aussi, les cas étudiés mettent en exergue le fait que lorsqu'une démarche est présente et qu'elle est centrale au sein de l'activité, l'équilibre penchera dès lors généralement en faveur de la discipline d'appartenance de cette démarche.

Tableau 4.3 — Synthèse des résultats inhérents à la nature et l'ampleur de l'intégration

<i>Dimensions</i>	<i>Le jeu de Kermesse-Caroline</i>	<i>Le planeur-Marc</i>	<i>Le laboratoire MRUA-Catherine</i>	<i>Le compteur d'eau-Carole</i>
Liens entre les savoirs et les démarches en ST	<ul style="list-style-type: none"> - Démarche de conception technologique : structure - Savoirs scientifiques : loi d'Ohm et notions liées au circuit électrique - Savoirs technologiques : notions liées aux fonctions électriques, cahier des charges. - Techniques de fabrication 	<ul style="list-style-type: none"> - Démarche de conception technologique : structure et éléments de transfert - Savoirs scientifiques liés au vol: trainée, principe de Bernoulli (portance), Gravité - Savoirs technologiques liés au vol: Caractéristiques des planeurs, profil des ailes - Savoirs technologiques liés à la conception/fabrication d'artéfact: effets d'une force, matériaux, fabrication, langage des lignes - Techniques de fabrication 	<ul style="list-style-type: none"> - Démarche expérimentale: structure - Démarche de modélisation : éléments de transfert. - Savoirs scientifiques liés aux MRUA - Savoirs technologiques liés à la robotique et à la programmation. - Techniques de programmation et d'opération des robots 	<ul style="list-style-type: none"> - Démarches d'analyse et de conception technologique respectivement éléments de transfert (examen) et structure. - Savoirs scientifiques : notions liées au circuit électrique - Savoirs technologiques liés aux ing. mécanique et électrique ainsi que la conception/fabrication d'artéfact (matériaux, fabrication, langage des lignes) - Techniques de fabrication et de langage graphique
Emphase disciplinaire	<ul style="list-style-type: none"> - L'activité propose un équilibre entre l'exploration de contenus de sciences et de technologie. - La démarche de conception technologique est néanmoins structurante dans l'activité. 	<ul style="list-style-type: none"> - L'activité est plus axée sur la technologie que sur la science. - La démarche de conception technologique est structurante dans l'activité. - L'activité propose majoritairement l'exploration d'éléments notionnels technologiques. - Les savoirs scientifiques apportent une profondeur à la réflexion soutenant la conception des planeurs. 	<ul style="list-style-type: none"> - L'activité est plus axée sur la science que sur la technologie. - Les démarches ainsi que les savoirs scientifiques sont centraux à l'intérieur de l'activité. - La robotique (et la programmation) est surtout employée comme un contexte d'expérimentation motivant bien que des apprentissages soient faits en lien avec cette dernière. - La technologie n'est pas prescrite en physique de V. 	<ul style="list-style-type: none"> - L'activité est plus axée sur la technologie que sur la science. - La démarche de conception technologique est structurante dans l'activité. La démarche d'analyse technologique s'entrecroise avec cette dernière. - L'activité propose majoritairement l'exploration/réinvestissement d'éléments notionnels technologiques. - Les savoirs scientifiques apportent une profondeur à la réflexion soutenant la conception et à l'analyse du compteur d'eau.
Complexité, durée et dimension	<ul style="list-style-type: none"> - L'activité s'est déroulée sur deux (2) cours, mais a comporté du temps de travail pour les élèves à l'extérieur du temps école (1 mois). - Travail en équipe de 2 ou 3 élèves majoritairement en dehors de l'école. - Implication des parents pour la partie « fabrication » des jeux. - L'école ne dispose pas de classe-atelier. La mise en œuvre d'activités impliquant de la fabrication devient <i>de facto</i> rapidement complexe. 	<ul style="list-style-type: none"> - L'activité se déroule sur sept (7) cours. - 6/7 cours se déroulent en classe-atelier, - Nécessite la présence de la TTP en classe pour la très majorité de la durée du projet. - Les élèves sont habitués à ce genre d'activité de par leur parcours d'activité scientifique. 	<ul style="list-style-type: none"> - L'activité se déroule sur un (1) cours. - Se déroule dans un laboratoire de robotique. - Nécessite la participation d'une enseignante experte. - Implique la préparation des robots par des élèves de la concentration de robotique. - Les élèves ne sont pas familiers avec ce genre d'activité. 	<ul style="list-style-type: none"> - L'activité se déroule sur neuf (9) cours. - Le plus ambitieux en termes de contenus traités. - La fabrication se déroule tantôt en classe-atelier, tantôt en classe régulière. - Nécessite la présence de la TTP en classe-atelier. - Les élèves ont déjà participé à des projets analogues, mais sans équivalent avec le niveau de complexité de celui-ci.

-
- Les élèves ne sont pas habitués à ce genre d'activité.
-

Par conséquent, la technologie est davantage présente que la science dans une majorité des activités observées, mais ce résultat pourrait être différent si plus d'activités faisant appel à des démarches relatives aux sciences avaient été analysées⁶⁹.

Enfin, quant aux résultats décrivant l'ampleur de l'intégration, il est constaté que la durée des activités était très variable allant d'une période jusqu'à plusieurs. Il est donc possible de faire des activités d'intégration en ayant plus ou moins de temps pour le faire. Les projets courts se sont donné en général des moyens pour arriver à produire des activités d'envergure sans pour autant y passer trop de périodes. Aussi, la TTP a été nécessaire dans tous les cas d'activité; la coordination avec cette dernière ressource est donc fort importante et permet d'offrir des activités de plus grande envergure. Les parents ainsi qu'une enseignante experte ont joué un rôle du même ordre respectivement dans les cas du jeu de kermesse et de laboratoire de robotique-MRUA. Parallèlement, la classe-atelier (ou un local dédié) est un lieu fort sollicité pour mettre en œuvre les activités d'intégration. Un environnement dédié aux activités semble donc favoriser des initiatives d'intégration plus importantes. Enfin, les élèves avaient des niveaux variables d'expérience avant d'entreprendre les activités, mais cela n'a pas semblé représenter un frein important à la mise en œuvre.

4.1.4 L'opérationnalisation de l'intégration en ST

La troisième rubrique du cadre descriptif de l'intégration concerne l'opérationnalisation de l'intégration en ST. Celle-ci est composée des éléments suivants, soit les supports à l'enseignement, les ajustements à l'environnement d'apprentissage de même que le design éducatif. En quelques mots, les supports à l'enseignement réfèrent aux initiatives de formation ou de transformation des pratiques ainsi qu'aux personnes qui y prennent part et qui ont été nécessaires pour mettre en œuvre les activités. Les ajustements concernent quant à eux les contraintes organisationnelles à considérer de même que les « aménagements » nécessaires pour les opérationnaliser. Le dernier volet de cette rubrique, le design éducatif, réfère pour sa part aux approches pédagogiques (c.-à-d. approche de design/conception, approche par problème ou investigation, approche par thème, par projet ou communautaire) qui structurent lesdites activités d'intégration. Ainsi donc, dans un souci de présentation des résultats qui se

⁶⁹ Aussi, il importe de mentionner que l'activité du laboratoire de robotique-MRUA avait une emphase disciplinaire favorisant les contenus scientifiques, mais cela se justifie dans la mesure où la technologie n'est pas prescriptive en 5^e secondaire; une ouverture trop importante vers la technologie en physique serait par conséquent difficilement explicable étant donné qu'il s'agit d'un thème hors programme.

veut logique et progressive, nous débiterons par l'explicitation du design éducatif des activités pour ensuite dégager les supports et les ajustements à considérer pour mettre en œuvre les activités étudiées.

4.1.4.1 Le design éducatif

Le jeu de kermesse-Caroline (Design éducatif)

L'activité du jeu de kermesse emprunte en fait une logique d'approche de design ou de conception technologique. Comme cela a été évoqué dans la précédente rubrique, la démarche de conception technologique est centrale à l'intérieur de cette activité de sorte que la structure même de l'activité, son approche pédagogique, suit les étapes de ladite démarche. Ce passage de l'entretien avec Caroline nous éclaire un peu plus sur l'approche en vigueur :

P : Tout à fait. Y'a un planning. Toute la planification, comment ils vont s'organiser : telle semaine on fait ça, telle semaine on fait ça. Ils l'écrivent. Le circuit électrique. Y'a l'explication du fonctionnement du jeu, évidemment. Y'a un retour : ce que tu as aimé, ce que tu n'as pas aimé. C'est quoi les problèmes que tu as rencontrés pendant la... c'est tout ça.

C : Une espèce de retour sur la démarche.

P : C'est pour ça qu'ils ne me le remettent pas la journée même.

C : C'est vraiment la prise en charge de la démarche de conception technologique.

[Caroline, EI, 360-366]

Par ailleurs, différents éléments observables tels que la structure du cahier de l'élève, notamment la présence d'un cahier des charges (voir Figure 4.1 — *Jeu de kermesses-Cahier de l'élève* — *Cahier des charges (pp.2-3)*, p.139) nous orientent nécessairement vers du design technologique. Lorsque l'activité est observée en fonction de la perspective des élèves, des indices semblent également pousser vers cette même conclusion. D'abord, les élèves ont été appelés à travailler en équipe pour concevoir leur prototype de kermesse. Cette dernière tâche complexe les a amenés à résoudre, en équipe, des problèmes divers lors de l'élaboration de leur prototype. Ils ont oscillé entre la rencontre de ces problèmes, l'idéation de solutions et la modification de leur prototype, ce qui fait écho à l'esprit d'une approche de conception technologique. Le synopsis de l'activité rapporte d'ailleurs quelques problèmes survenus en cours de route et nommés par les élèves lors de la présentation finale de leur prototype de jeu (voir AS-Le jeu de kermesse, Section 3.2, Annexe IV). De façon complémentaire, l'approche pédagogique axée sur la conception est généralement centrée sur les élèves. Or, nos observations ont permis de constater que ceux-ci ont été particulièrement actifs, notamment durant la phase de réalisation. Le travail d'accompagnement de l'enseignante était par voie de corolaire davantage celui d'une « guide » (voir à cet effet les analyses

portant sur les pratiques d'enseignement en section 4.2.3). La citation ci-dessous évoque cette rencontre obligée des élèves avec des problèmes divers lors de la conception et le rôle de l'enseignante de les « guider » vers des pistes de solutions:

P : [...] Ils venaient me voir, ils me posaient des questions « Madame, mon LED est brulé et je ne sais pas pourquoi ». Alors, il fallait que je me rassoie avec eux et leur explique « Avant de le construire, dessine-le ton circuit et analyse-le, regarde tes données, réfléchis à la résistance que tu dois poser... dois-tu en mettre une ou pas ? ». Bref, ça l'a amené beaucoup beaucoup de réflexions.

[Caroline, EF, 13-14]

Le planeur-Marc (Design éducatif)

L'activité du planeur est également portée par une démarche de conception technologique. L'approche pédagogique mise en œuvre se rapporte donc à cette dernière démarche. Selon les propos de Marc, la démarche de conception technologique occupe une double fonction de structure et d'apprentissage. Elle est donc fort centrale et, naturellement, la prise en charge de celle-ci teinte à la fois le matériel pédagogique ainsi que les tâches réalisées par les élèves. L'aspect structurant est surtout perceptible à l'intérieur du cahier de l'élève où les étapes de la démarche composent les rubriques du document (*p.ex.* « Décris le problème dans tes mots », « Illustre ta solution-Croquis », « Planifie ta démarche », « Ajustements à ta démarche de construction »). Par ailleurs, l'activité proposait aux élèves de travailler en équipe afin de résoudre le problème de conception du planeur. Les élèves ont donc joué un rôle central, actif pour le dire autrement, à l'intérieur de l'activité. Ceux-ci ont fait face à des problèmes qu'ils ont ensuite tenté de solutionner en équipe en apportant des modifications à leur prototype. Le synopsis de l'activité rapporte quelques cas de figure de problèmes survenus et observés lors des périodes de mise en œuvre (voir AS-Le planeur, section 2.8, Annexe V). Enfin, l'enseignant responsable a occupé également un rôle de « guide » à l'intérieur de cette activité. Ce rôle est surtout de l'ordre de l'accompagnement des équipes sur une base plus personnalisée, en fonction des besoins des équipes (voir analyse sur les pratiques portant sur les démarches ouvertes et centrées sur les élèves en section 4.2.3). La citation ci-dessous décrit bien la perspective de Marc sur l'accompagnement offert aux élèves durant l'activité :

P : [...] Mais de les amener à toujours vouloir plus et ajouter plus, et puis, si des fois si c'est nous qui donnons la petite idée c'est toujours bien eux qui l'appliquent et qui l'essayent. Des fois, ils font mieux que ce tu avais proposé. Moi j'aime ça beaucoup et je le fais toujours. Peut-être que ce n'est pas correct et qu'il faudrait toujours que les idées viennent d'eux, mais c'est là qu'ils vont stagner et qu'ils n'avanceront plus. Tandis que là j'ai l'impression de les débloquer [...] On leur

donne une petite idée. Ma phrase moi c'est : qu'est-ce que tu en penses ? Si on faisait ça comme ça, qu'est-ce que tu en penses ?

[Marc, EF, 102-108]

Le laboratoire de robotique MRUA-Catherine (Design éducatif)

Le laboratoire de robotique MRUA fait appel à une approche pédagogique « par problème » (*problem-based approach*). Différents éléments nous orientent vers ce constat. Cela a été évoqué précédemment, la démarche expérimentale est mise en exergue à l'intérieur de l'activité et permet de répondre à des problèmes de nature scientifique. Le cahier de l'élève emploie plusieurs rubriques/étapes propres à cette démarche telles que : l'identification du but de l'expérience, la formulation d'hypothèse, l'identification des variables, l'explicitation du protocole, la présentation des résultats, etc. Plusieurs caractéristiques relatives à cette approche justifient cette prise en charge. D'abord, la nature de défi amène les élèves à déterminer expérimentalement l'accélération d'un robot dont on peut connaître la position en fonction du temps. Il s'agit d'un problème concret, proche de l'activité scientifique, qui se veut engageant pour les élèves (voir AS-Le laboratoire de robotique MRUA, sections 2.1, 2.2 et 2.3, Annexe VI). Par la suite, les élèves travaillent en équipe pour s'affairer à la tâche, ce qui est typique d'une telle approche. Ces derniers élèves sont particulièrement actifs à l'intérieur de l'activité; l'enseignante responsable orchestre les activités du groupe et s'assure de l'évolution positive des élèves à l'intérieur de l'activité.

Le compteur d'eau-Carole (Design éducatif)

L'activité du compteur d'eau est aussi portée par une démarche de conception technologique ; l'approche pédagogique en vigueur repose logiquement sur la structure et les caractéristiques propres à cette dernière démarche. La conception technologique, qui se déploie dans le volet le plus important de l'activité est articulée par un défi où les élèves doivent essentiellement concevoir selon différentes contraintes leur propre dispositif de compteur d'eau. Par ailleurs, les élèves ont travaillé en équipe de concepteurs et ont occupé un rôle aussi actif à l'intérieur de l'activité. Ceux-ci doivent composer avec différents problèmes liés à la conception/fabrication de leur prototype de compteur d'eau. L'enseignante accompagne les équipes de manière individualisée et apporte du soutien afin que les équipes évoluent positivement dans la réalisation de leur prototype. Le synopsis de l'activité offre un exemple de travail de l'enseignante à l'intérieur de la mise en œuvre de l'activité (voir AS — Le compteur d'eau — Section 2.4 — Annexe VII).

4.1.4.2 Les supports à l'enseignement

Les supports à l'enseignement réfèrent aux initiatives de formation ou de transformation des pratiques ainsi qu'aux personnes inhérentes à ces dernières, nécessaires pour mettre en œuvre les activités d'intégration des ST. En fonction des différents participants, il s'agissait de deux groupes d'acteurs, soit l'équipe pédagogique entourant les enseignants ou encore des personnes liées à des initiatives externes à ce dernier noyau.

Le jeu de kermesse-Caroline (Supports)

L'activité du jeu de kermesse développée par Caroline a nécessité l'apport de différentes initiatives de formation ainsi que l'implication d'acteurs importants faisant partie de l'équipe pédagogique. D'abord, il a été mentionné un apport considérable de la technicienne en travaux pratiques (TTP) de l'école. Celle-ci a tout d'abord permis à l'enseignante Caroline de parfaire ses connaissances en lien avec le thème de l'électricité, thème au cœur de l'activité du jeu de kermesse. En effet, Caroline a précisé très humblement ne pas avoir eu au préalable le niveau de formation requis pour explorer ce thème scientifique; la TTP de son école a joué un rôle de « formatrice » auprès de l'enseignante afin qu'elle se sente plus confortable avec cet objet d'enseignement. Les citations ci-dessous évoquent le rôle de cette dernière personne d'importance, notamment pour l'activité qu'elle a développée :

P : Moi je ne veux pas aller là [...] j'avais zéro formation. C'est ma technicienne de laboratoire qui s'est assise avec moi et qui m'a dit : ça, c'est un fil électrique. Elle m'a tout montré, elle m'a tout expliqué. Ça a été elle ma formatrice. Elle n'a été pas payée pour ça. Mais je ne connaissais rien là. Fais qu'au début j'étais complètement déstabilisée dans les laboratoires. Et là, j'aime vraiment ça. Pourtant ça fait juste 4 ans, mais c'est la partie que je préfère.

[Caroline, EI, 121-122]

P : Je n'ai pas de support direct. Je n'ai pas de conseillers pédagogiques. [...] ma technicienne en laboratoire est vraiment une référence importante pour moi. Elle a une grande formation, elle est plus formée que moi ma technicienne de laboratoire. Elle connaît beaucoup de choses. Souvent, c'est ma référence première. Mais sinon, je vais aller voir mon directeur pédagogique et il va me fournir [ce dont j'ai besoin].

[Caroline, EI, 91-94]

L'enseignante Caroline évoque également au passage, dans la dernière citation, le rôle joué par un autre membre de son équipe pédagogique, soit son directeur pédagogique, qui peut lui apporter une aide ponctuelle en fonction des demandes et des besoins. Caroline précise autrement le rôle joué par ses autres

collègues enseignants de ST avec qui elle partage des idées et des activités concernant l'enseignement des ST. Cette réciprocité entre les enseignants semble avoir été favorisée par le rapprochement « physique » desdits enseignants dans leur environnement de travail de même que par l'inclusion, au sein de cette équipe, de nouveaux enseignants. Ces changements semblent avoir favorisé la culture de partage à l'intérieur de l'équipe, ce qui a contribué à ce que l'activité du jeu de kermesse voie le jour. Les passages suivants explicitent cet apport de l'équipe disciplinaire de ST :

P : [...] Une équipe qui est vraiment dynamique, curieuse. Vraiment c'est une belle équipe [...] Vraiment beaucoup d'entraide. Il y a un gros partage et maintenant, nous étions avant dans un grand corridor, les enseignants, dans des petits cubicules deux par deux. Depuis 2, 3 ans, je ne sais plus trop, les années j'ai de la misère avec ça. Là, on est vraiment toutes les profs de sciences dans le même local. Les profs de maths sont à côté. On est comme... fait que là ça fait qu'on peut partager vraiment beaucoup [...] les vieux profs partis et que les jeunes arrivent, ça donne un souffle nouveau. C'est pour ça que c'est plus dynamique et c'est pour ça que ça partage plus. Avant ça ne partageait pas [...].

[Caroline, EI, 105-112]

P : Bien, ça, le prof qui était là avant moi, je sais qu'il l'avait déjà fait. Fais que là je suis repartie de ça, de son idée, de son travail. Je l'ai retravaillé [l'activité] par contre. [...].

[Caroline, EI, 249]

Le planeur-Marc (Supports)

L'activité du planeur portée par Marc a aussi nécessité l'apport de différents acteurs issus de son équipe pédagogique de même que, plus superficiellement, d'un support externe de formation. En qui ce qui a trait à l'équipe pédagogique, Marc a d'abord pu compter sur l'engagement « positif » de son directeur d'école, qui a permis et encouragé les initiatives pédagogiques telles que celle du planeur :

P : Et on a un directeur qu'il nous le permet aussi. Ça, c'est un plus. Si tout le monde était tout le temps restreignant, on lâcherait je pense. Mais là on sait qu'on peut créer, inventer et que le jeune va être gagnant là-dedans et qu'en plus, la direction aime ça pour l'image de l'école. On ne s'en cachera pas de ça qu'ils sont gagnants là-dedans.

[Marc, EI, 227]

Marc souligne ensuite la contribution plus générale du conseiller pédagogique (CP) de son centre de services scolaires, qui a fait le pont entre différents besoins des enseignants et les ressources pertinentes pouvant y répondre. Ainsi, ce dernier a notamment mis en place des initiatives (p.ex. participation à des plénières de projets analogues, « Cloud » de partage de matériel pédagogique) permettant l'échange et le partage entre enseignants de ST, créant un effet dynamique entre eux.

P : Notre conseiller pédagogique, tu ne lui diras pas là, je le trouve vraiment hot, [...] Il nous a vraiment amené beaucoup de choses. Tu demandes et tu as, tout de suite des choses aussi [...] Et je me dis toujours, c'est le fun de partager avec des collègues d'ailleurs et de voir comment eux ils vivent les sciences. On peut toujours en retirer des choses [...] Y'a créé aussi, je ne dirais pas des sites internet, mais des « clouds » où on peut verser des documents et partager. Il nous envoie des nouvelles souvent, c'est dynamique.

[Marc, EI, 227]

Aussi, l'activité du planeur a été portée de manière importante par la TTP qui accompagne Marc dans le volet pratique et technique relatif à l'enseignement ST. En effet, le synopsis de l'activité relève la présence de celle-ci lors de la quasi-totalité (6 sur 7) des périodes de mises en œuvre de l'activité. Il s'agit, aux dires de Marc, d'une condition *sine qua non* d'une activité qui fait appel au travail en atelier : premièrement pour s'assurer du respect des mesures de sécurité et, deuxièmement, pour l'accompagnement supplémentaire que la TTP peut apporter aux élèves lors de la mise en œuvre de l'activité (p.ex. utilisation des machines-outils). Les propos de Marc sur le sujet.

P : [La TTP] connaît toutes les machines-outils, déjà c'est quelque chose. Et quand elle n'en connaît pas une, elle veut la connaître c'est une belle qualité. Elle sait aussi montrer aux jeunes à s'en servir. Parce que, on ne se le cachera pas, y faut être deux dans une classe de 30 quand tu t'en vas faire un projet de même. [...] Alors d'avoir une technicienne qui est vraiment à l'aise et qui connaît ça et qui est capable d'aider, c'est essentiel.

C : Un élément facilitateur... et vous avez rencontré d'autres TTP qui...

P : Oui, c'est déjà arrivé les années d'avant dans une autre école qui était plus du genre chimie 5e secondaire tu vois le genre. Elle était mal à l'aise quand on faisait des projets, elle n'était pas heureuse on le voyait. Aussitôt que je parlais de projet de techno, je voyais dans sa figure qu'elle savait que ça allait être un enfer pour elle. Ce n'était pas plaisant, moi ça me rendait mal à l'aise aussi tu comprends ? J'avais diminué l'ampleur des projets [...]. Parce que tu sais, c'est peut-être pour ça que plusieurs enseignants ne veulent pas en faire, c'est pas mal plus de travail que de faire cahier et du livre.

[Marc, EF, 126-134]

Dans la même veine, Marc mentionne volontiers la contribution de son équipe disciplinaire qui apparemment est composée d'enseignants « originaux », novateurs pour le dire autrement, et qui facilite le développement d'activités analogues, notamment grâce à leur complémentarité. Aux yeux de l'enseignant, cette équipe facilite le développement d'activités qui sorte du cadre traditionnel de l'enseignement des ST :

P : À ce moment donné tu travailles tout seul, parce que les autres n'ont pas trop [le goût]... Ça nuit encore. On est encore, je te dirais, chanceux à notre polyvalente. Je t'en ai présenté plusieurs. On a une belle folie. On est plusieurs, je ne te dirais pas normaux...

C : Des électrons libres.

P : Oui, on sort du cadre souvent. Ça, c'est une belle richesse. Et notre directeur nous le disait, on a été chanceux, on a un beau ramassis de personnes un peu comme ça et on se complète tous.

[Marc, EI, 394-397]

Enfin, Marc mentionne avoir eu du soutien concernant l'enseignement de la technologie, notamment sous forme de formation continue. Cette formation, se rappelle-t-il, s'est déroulée à la suite de la réforme des années 2000 et lui a permis de ressortir grandi, plus spécifiquement de mieux connaître « comment » faire des activités faisant appel à de la technologie. Cet apport de formation n'a cependant pas été réitéré depuis plusieurs années au sein du milieu scolaire où évolue notre enseignant.

P : Parce que nous, quand on est devenu science et technologie, ça fait longtemps, mais je me souviens d'en avoir vécu en tant qu'enseignant des SAÉ. On avait appris à faire une pompe avec un plat ziploc avec des bouts de tuyaux, des billes, des rondelles d'acier, etc. On avait passé une demi-journée complète à faire ce projet-là, et nous en étions ressortis grands. On se disait : « OK, c'est ça faire de la technologie maintenant ». Avant, on n'avait jamais eu de formation en technologie c'est certain, [...] on n'en a jamais eu d'autres depuis 7-8 ans.

[Marc, EF, 119]

Le laboratoire de robotique MRUA-Catherine (Supports)

Pour Catherine, la responsable de l'activité de laboratoire de robotique MRUA, l'équipe pédagogique a également joué un rôle central au sein des initiatives de transformation des pratiques. En effet, selon les propos de Catherine, l'équipe disciplinaire de son école est un levier important pour le développement des enseignants en place, notamment les nouveaux. Il s'agit surtout de favoriser le partage de matériels pédagogiques, de développer des activités en collaboration avec d'autres enseignants ainsi que de coordonner l'ensemble des projets faisant appel aux ateliers de technologie qui se font dans l'école. D'ailleurs, Catherine a pu compter, cela a été introduit antérieurement, sur la collaboration proximale d'une collègue experte en robotique, qui participait également aux rencontres du comité sciences. Les échanges entre elles auront permis de lancer l'idée de l'activité du laboratoire MURA et de la concrétiser par la suite en collaboration. Les citations suivantes précisent ce retour sur la genèse de l'activité:

*P : Ah oui, j'ai vraiment une équipe ici... je dirais à la polyvalente... **je dirais en sciences on est chanceux il y a énormément d'entraide entre les collègues.** Moi je le sais aussi quand j'arrive et qu'il y a de jeunes enseignants [...]. Créer des projets ensemble, c'est le fun aussi. On est toute la gang et on ne le voit pas non plus dans le sens de faire ça individuel.*

[Catherine, EI, 38-39]

P : Je pense que, entre autres, le comité que nous avons élaboré... c'était la première fois qu'on avait des rencontres fixées dans les journées pédagogiques où tous les comités des disciplines se

rencontrent. Déjà, en partant, on est tous aux mêmes endroits aux mêmes moments, alors c'est facile de communiquer et nous avons parlé beaucoup des projets technos à ces tribunes-là. C'était déjà facile d'essayer ensemble, de se dire que l'on pourrait développer telle ou telle activité. Moi je pense que c'est le premier pas qui a favorisé le développement de mon activité, donc ça pourrait servir pour d'autres écoles.

[Catherine, EF, 132]

C : [...] vous avez dans votre école une équipe pédagogique en sciences qui était, je vais dire tissée serrée et qui était dynamique, qui était forte et ce qui amenait une certaine culture de partage et d'entraide dans votre école [...]

P : De façon très très très évidente, j'en suis convaincue. Ça prend vraiment, quand on parle de collaboration, c'est vraiment ça [...] la question de partage, c'est sûr que dans un milieu, comme on s'en était déjà parlé, y'en a qui vont produire moins un petit peu. Mais il ne faut pas le voir comme ça. Puis je pense qu'en général, on a une belle vision de tout ça ensemble de notre équipe de sciences. Et je dirais que c'est la même chose quand je me déplace ailleurs. Je sens un peu ça, mais encore plus fortement ici là. [...] C'est sûr que si personne ne veut s'investir et donner un peu de temps, y'a pas grand-chose qui avance. Ça fait longtemps que [nom de l'enseignante experte de robotique] elle a cette idée-là en tête, et là elle a dit : « ah avec Catherine je pense, on va être capable de le faire ». C'est ça, ça prend des personnes qui ont un peu cette vision-là.

[Catherine, EF, 49-50]

P : [...] Et on a un comité sciences dans lequel j'ai une collègue qui avait enseigné [la robotique] l'année passée et cette année c'est encore elle qui le donnait avec les secondaires I. Dans notre réunion, elle m'a dit « Catherine, ça serait le fun, on pourrait faire un projet en commun qui fonctionnerait avec les robots. On pourrait travailler la chute libre ou quelque chose comme ça.... Avant d'acheter du matériel qui coute cher, on va attendre... je vais regarder de mon côté s'il n'y avait pas quelque chose que l'on pourrait faire ». Finalement, elle a trouvé une vidéo sur YouTube qui explique la programmation des robots afin de reproduire les MRU et MRUA. [...]

[Catherine, EI, 118]

P : [...]j'ai ma collègue de robotique qui sera là. On travaillé ensemble, elle a investi beaucoup de temps et même plus que moi. [...] Ça demandé beaucoup avant, beaucoup de préparation... mais elle a bien voulu le faire et s'y investir. Si elle n'avait pas voulu... Tsé elle fait quatre périodes de plus cette semaine qui n'est pas dans son horaire. Mais en même temps, il y a de l'ouverture du côté de la direction pour faire des projets pédagogiques innovants, donc parfois on peut s'organiser.

[Catherine, EI, 130]

Les deux dernières citations révèlent également l'apport de deux ressources, soit celle du directeur de l'école qui apporte son appui aux projets innovants de même que d'un outil numérique, en l'occurrence YouTube, qui a permis de retrouver la procédure de programmation par laquelle recréer un MRUA avec un robot.

Le compteur d'eau-Carole (Supports)

En ce qui a trait à l'activité du compteur d'eau sous la responsabilité de Carole, les supports à l'enseignement n'ont pas été particulièrement développés lors des entretiens ou encore observés lors de la mise en œuvre des activités. Carole mentionne consulter d'ordinaire du matériel pédagogique proposé par les maisons d'édition ou encore directement sur internet lorsque cela est nécessaire. Elle n'a pas mentionné avoir collaboré avec des collègues pour l'élaboration de son activité. Il importe aussi de mentionner qu'une bonne partie de l'activité s'est déroulée en classe régulière, car l'enseignante ne pouvait pas avoir accès au local de technologie. La présence de la TTP était par conséquent moins importante qu'elle aurait dû l'être initialement, ce qui en conséquence a rendu les observations plus limitées à cet égard.

4.1.4.3 Les ajustements à l'environnement d'apprentissage

Le dernier thème de cette rubrique concerne les contraintes ainsi que les ajustements en lien avec l'environnement d'apprentissage à l'intérieur duquel se déroulent les activités d'intégration des ST. Il s'agit de préciser les conditions de mises en œuvre avec lesquelles doivent jongler les enseignants responsables. Selon les analyses réalisées, trois catégories ont été davantage discutées par les participants, émergeant des échanges avec eux ou encore des observations réalisées en classe : soit 1 – les contraintes organisationnelles, 2 – la gestion du temps ainsi que 3 – les aspects curriculaires inhérents.

Le jeu de kermesse-Caroline (Ajustements)

La mise en œuvre de l'activité du jeu de kermesse a nécessité de jongler avec un certain nombre de contraintes organisationnelles, de même que divers défis liés à la gestion du temps et des programmes de ST. D'abord, cela a été évoqué antérieurement, l'école où se déroule l'activité n'est pas munie d'un laboratoire de technologie comportant un atelier de fabrication comme on retrouve dans la plupart des écoles secondaires québécoises. Cela a impliqué qu'une portion de l'activité, notamment la fabrication des planchettes de jeu, soit effectuée par les élèves à la maison. Pour Caroline, il ne s'agissait pas d'une situation optimale. Elle estime entre autres que cela a limité l'approfondissement ou la qualité des projets réalisés par les élèves, faute d'un support « direct » de l'enseignante. À titre d'exemple, cela aurait eu pour effet d'utiliser plus de matériaux en raison des bris advenus lors de manipulation sans supervision. Les citations suivantes détaillent ce premier enjeu d'opérationnalisation :

P : Et nous, on n'a pas de laboratoire de techno ici [...] Souvent, faut qu'ils le fassent à la maison. Je fais des laboratoires quand même, mais au niveau de la conception, de la fabrication, c'est plus difficile.

[Caroline, EI, 39-41]

P : [...] c'est un peu ça le problème. Ils font des concessions, ils se rendent compte que ça ne fonctionne pas... mais si j'avais été avec eux dans un laboratoire et que je les avais accompagnés, c'est certain que des problèmes auraient pu être évités... on aurait pu sauver du temps, du matériel aussi. Mais je n'en ai pas de laboratoire alors faut je fasse avec. Que ce soit pour le DGI ou ce projet, c'est une problématique pour moi.

[Caroline, EF, 28-33]

Avoir sous la main un atelier de technologie ou un équivalent (p.ex. Fablab) serait donc un élément facilitateur à la mise en œuvre de l'activité du jeu de kermesse, mais également qui pourrait permettre à plus de projets faisant appel à de la fabrication de voir le jour à l'intérieur de l'école. Aussi, Caroline relève que les contraintes qu'elle a posées initialement dans le cahier des charges, notamment en lien avec les matériaux à utiliser et les dimensions à respecter pour la fabrication de leur jeu, sont limitatives en ce qui a trait à la qualité des projets développés par les élèves. Elle souhaiterait en effet offrir plus de liberté et libre choix aux élèves à cet égard afin qu'ils puissent « se dépasser » davantage. Les propos de l'enseignante à cet égard :

P : Je pense que je ne leur donnerais pas du matériel obligatoire. Je leur laisserais peut-être plus de liberté. Parce qu'en leur donnant du matériel à la base, il y en a beaucoup qui se contentent de ça et qui ne pousseront pas la machine comme je le disais tantôt. Il y en a qui se disent « ben c'est ça qu'elle me donne, et bien c'est ça que je vais prendre ». Alors, peut-être leur donner un peu plus de liberté par rapport à ça... et même au niveau des dimensions je me rends compte que ce n'est pas facile avec les dimensions que je donne... d'arranger le système électrique dans une petite boîte. Donc, peut-être que ça aussi je le changerais.

C : OK, donc on pourrait se permettre un peu plus d'ouverture dans le projet justement pour que les élèves aient suffisamment de liberté pour qu'ils puissent laisser aller leur imagination et qu'ils...

P : ... se dépassent encore un peu plus.

[Caroline, EF, 39-42]

Par ailleurs, la gestion de temps a été une préoccupation clairement prise en considération par Caroline, notamment lorsqu'elle a réfléchi à la mise en œuvre de son activité. Pour elle, il est certain que la durée du projet est adéquate malgré qu'elle soit relativement courte (2 périodes). Selon son expérience, plus de temps injecté dans l'activité ne conduirait pas nécessaire à un investissement efficace de ce temps de la part des élèves. Elle considère néanmoins réfléchir au moment de l'année où se déroule l'activité pour ne pas en chevaucher d'autres importantes telles que des examens.

P : [...], mais je ne changerais pas le temps que je leur ai accordé parce que des adolescents, si tu leur donnes trois mois, ils vont quand même faire ça à la dernière semaine. Alors, ça ne change rien. Quoique certains m'ont dit que c'était un peu proche des examens qu'ils ont... donc je pourrais peut-être faire attention [au moment de l'année pour le donner]. Mais en même temps... faut que ça rentre dans mon programme, dans mon planning.

[Caroline, EF, 42]

De même, il est manifeste que Caroline est préoccupée par la quantité d'activités du genre qu'elle doit mettre à l'horaire au cours de l'année. En fait, son envie de faire plus de projets se bute au temps qui, selon ses dires, lui fait défaut :

P : C'est en plein ça. Hier, je fouillais sur internet et j'ai vu la fabrication d'une distribution de machine à gommés. [...] mais en même temps, il n'y a pas d'électricité. Et je n'ai pas beaucoup de temps. Je ne peux pas leur faire faire 56 affaires. Faut que je me branche.

[Caroline, EI, 252-254]

Enfin, l'enseignante soutient que ce manque de temps est aussi fonction d'une lourdeur inhérente aux programmes de ST, *a fortiori* celui de la quatrième secondaire. Il semblerait que, face à cette « surcharge » qui peut être accentuée par la répétition des contenus à travers les années du programme, les activités de technologie sont (majoritairement) retranchées en cas de manque de temps. Il s'agit, pour le dire autrement, d'un frein majeur empêchant de faire davantage d'activités faisant appel à de la technologie, incluant naturellement les activités d'intégration de ST. Les propos de l'enseignante à cet égard :

P : [...] mais en secondaire 4, mon programme est tellement chargé que j'aurais de la difficulté, et ce, même si j'avais un laboratoire. Ce serait difficile quand même étant donné que le programme est très lourd.

[Caroline, EF, 33]

P : Le premier obstacle c'est la lourdeur du programme. Je n'ai pas le temps de faire ça. Mon programme, il est ultra lourd, et même quand j'avais 8 périodes. [...] Ce que je sais, c'est que si le prof de sciences a à couper quelque part, peu importe le niveau, ça va être en techno.

[Caroline, EI, 314-316]

P : Il y a une problématique qui n'a pas rapport avec ta question, mais c'est... on fait beaucoup de radotage : secondaire 1, secondaire 2, secondaire 3. Les liaisons... c'est beau. Les guidages, ils l'ont vu. Tu sais à un moment donné : ça va faire ! Il y a beaucoup de radotage. Les élèves font comme : « oui, on l'a vu, on l'a vue ».

[Caroline, EI, 317]

Le planeur-Marc (Ajustements)

L'activité du planeur a été régie par différentes contraintes ayant trait à l'organisation de l'environnement d'apprentissage, la gestion du temps ainsi que certaines contraintes plus spécifiques en lien avec la gestion des programmes d'enseignement.

D'abord, les observations effectuées en salle de classe ont permis de constater que la gestion du matériel (*p.ex.* les outils manuels, la quincaillerie, etc.) peut s'avérer une tâche particulièrement chronophage. Par exemple, les nombreux outils nécessaires pour fabriquer les planeurs ne sont pas toujours à portée de main à l'intérieur de l'atelier. Il faut par conséquent que l'enseignant circule entre différents lieux de stockage pour fournir lesdits outils aux élèves. La gestion de ces questions est donc apparue comme un élément important à considérer *a priori* et durant l'opérationnalisation de l'activité pour assurer son bon déroulement. Dans la même veine, l'approvisionnement en matériaux de construction lors de l'opérationnalisation de l'activité a été une préoccupation partagée par l'enseignant. En effet, lorsque les élèves ont un accès sans restriction à ces matériaux, cela entraîne généralement du gaspillage. Lorsque cela advient, la réalisation des activités subséquentes peut être compromise, le budget pour se réapprovisionner étant fort limité. Marc a donc porté une attention particulière aux matériaux utilisés par ses élèves, gardant même sous sa supervision rapprochée les matériaux plus onéreux (*p.ex.* panneaux de Coroplaste, de contreplaqué, etc.).

P : [...], on a un budget restreint et si vous gaspillez trop dans ce projet-là, on va en avoir moins pour l'autre et s'il reste des sous à la fin, on va peut-être réinventer autre chose...

[Marc, EI, 202]

Ensuite, la gestion du temps a été un souci particulièrement bien explicité par Marc lors des entretiens avec lui. En réalité, le temps semble aussi lui faire défaut, ce qui représente une contrainte importante entraînant avec elle plusieurs corollaires touchant l'opérationnalisation d'activités faisant appel à l'intégration de la technologie. Par exemple, le temps le limite à se former sur de nouveaux sujets, à s'approprier de nouvelles techniques et à développer de nouvelles activités faisant appel à ces derniers apprentissages, ce qui est déplorable à son avis.

P : Comme je t'ai dit tout à l'heure, j'ai une grosse contrainte et c'est le temps.

[Marc, EI, 330]

P : [...] Mais c'est le temps qui nous manque. C'est toujours le temps. L'an dernier j'ai pris un congé de 2 mois et pendant ce temps-là, je me suis mis à jour sur tellement de choses que j'avais négligées. J'étais chez moi avec un café à me reposer. J'embarquais sur mon ordinateur. Je m'en suis même reconstruit un. J'ai fait de la menuiserie que je me disais... J'ai appris à travailler avec une toupie. Toutes sortes de choses. Le temps nous manque. Mais j'ai plein d'idées [d'activités] dans la tête et je ne suis pas capable de toutes les réaliser.

[Marc, EI, 300]

Dans la même veine, il a été nécessaire d'injecter un cours supplémentaire à la planification initiale de l'activité. Revenant sur cette décision lors de l'entretien final, Marc soutient qu'il est fort difficile d'évaluer *a priori* la durée normale d'un tel projet, trop de variables entrant en jeu dans l'équation. Sa décision d'ajouter un cours s'est donc basée sur le travail des élèves, qui n'a pas engendré de perte de temps, de même que sur la latitude que lui offre le parcours d'activité scientifique. La citation suivante décortique bien ce nœud décisionnel :

P : C'est toujours la vitesse à laquelle le projet se déroule. Tu as vu, on a ajouté une période finalement et ce n'était pas prévu... mais on [avec la TTP] se disait que c'était nécessaire et qu'il n'y a pas eu vraiment de perte de temps dans la majorité des cas d'élèves... et ils en ont besoin. Alors, c'est toujours dur un peu d'évaluer la durée d'un projet comme ça... ça dépend toujours des élèves que tu as pis de ce qui se produit pendant le temps où ils travaillent. Au lieu des brimer, j'aimais mieux donner une période de plus. Comme je te disais, je suis chanceux c'est un groupe d'activité scientifique, ils ont des périodes de plus à l'horaire puis on ne sera pas stressé pour l'examen de Noël de jeudi à cause de ça... parce que je les vois encore 5 fois cette semaine [entretien fait le lundi PM] puis on a du gras autour de l'horaire dans ce groupe-là. Dans un groupe régulier, où c'est bien serré, j'aurais été plus mal à l'aise.

C : D'ajouter du temps ?

P : Ouais, ça l'aurait été difficile et puis j'aurais été plus stressé avec l'horaire... pis je me serais fait des attentes : tel jour c'est ça, tel autre jour c'est ça... et si vous n'êtes pas rendus, je vais peut-être faire une récupération du midi, mais sinon... tandis que là on n'y allait pas trop stresser parce qu'on le savait qu'on avait du temps davantage. On dirait que je me fais toujours prendre. Ça n'arrive jamais tout à fait comme ce que l'on avait prévu.

[Marc, EF, 31-35]

Ainsi, la citation précédente lève le voile sur une dimension importante de l'activité des planeurs, soit le fait qu'elle se déroule à l'intérieur d'un parcours d'« activités scientifiques ». Il s'agit d'un parcours où les ST sont un centre d'intérêt pour les élèves inscrits dans ce parcours. Initialement, la concentration a été lancée afin de contrer le désintérêt des élèves envers les ST, notamment d'inciter plus d'entre eux à aller en science « forte » en quatrième secondaire. De façon générale, les élèves ont plus de périodes de ST à l'horaire que ceux du régulier (de la 1^e à la 3^e secondaire). Ces périodes sont prélevées à même le temps accordé à d'autres concentrations disciplinaires telles que l'univers social ou l'éducation physique. Marc nous éclaire sur les principales caractéristiques de la concentration :

P : On ne dira pas un programme, ce n'est pas connu officiellement; notre directeur se plaît à dire que c'est un centre d'intérêt [...] Et en secondaire 4, il n'y avait pas beaucoup d'élèves qui prenaient des sciences fortes. Et on voulait justement monter dans le programme et on s'était dit qu'en créant ce centre d'intérêt tout de suite en secondaire 1, 2 et 3, on va avoir une courbe d'élèves qui seront intéressés aux sciences et peut-être qu'ils vont avoir la capacité en secondaire 4 d'aller vers les sciences fortes. Ça a marché. [...] Ces élèves-là ont déjà deux périodes de sciences de plus à leur horaire que les autres. Je pense que ça se fait au détriment du français et de... géographie et histoire [...] ils ont fait de l'extra qui n'est pas planifié dans des cahiers, des projets. Évidemment, on essaie de leur ouvrir l'esprit sur ce qui se passe en sciences et dans le monde aussi [...] c'est comme un privilège qu'ils ont choisi d'être dans ce groupe-là. Je leur fais croire ça [...] Les projets je les organise pour qu'il y en ait un par mois.

[Marc, EF, 35-39]

Pour Marc, il s'agit d'un aménagement essentiel qui lui offre la marge de manœuvre nécessaire pour mettre à l'horaire plus d'activités faisant appel à de la technologie.

P : C'est certain que, étant donné que nous avons 4 univers à voir, je te dirais que l'on ferait 2 projets technologiques au cours de l'année à peu près... pas d'une ampleur extrême. C'est peut-être suffisant pour que l'élève fasse ses apprentissages, mais nous vu que l'on voulait les amener à des niveaux supérieurs, [...] Si on n'avait pas activité scientifique, on ferait des sciences de niveau moyen. Il y aurait beaucoup moins d'applications...

[Marc, EF, 135-137]

Le laboratoire de robotique MRUA-Catherine (Ajustements)

À l'instar de ses pairs enseignants, Catherine a aussi dû composer avec un certain nombre de contraintes liées à l'opérationnalisation de son activité et des activités d'intégration analogues à celle-ci. D'abord, sur le plan organisationnel, avoir un accès au laboratoire de technologie de l'école est un enjeu considérable. En effet, l'école où se déroule l'activité du laboratoire de robotique dispose uniquement de locaux limités pour effectuer des projets de technologie, et ce, que ce soit en lien avec de la fabrication ou encore avec la robotique. L'école en question possède en fait deux classes de technologie contiguës qui se partagent un atelier unique équipé de machines-outils de même qu'un seul local de robotique. Ainsi, dans une école où les espaces pour faire de la technologie sont plus limités, il est remarqué que l'accès à ces espaces devient rapidement un enjeu.

P : Normalement, quand tu fais ton projet, oui. Parce que tu as besoin des machines-outils, des tables de travail... donc pour que le matériel soit proche et concentré. Il y a deux locaux de techno avec une salle de machine-outil au centre qui est partagée entre les deux.

[Catherine, EI, 69-70]

Néanmoins, l'équipe d'enseignants de ST de l'école a choisi de se coordonner, en début d'année, pour garantir un accès à chaque niveau pendant l'année scolaire.

P : [On] se réunit les gens de sciences en début d'année [...] On se cible des périodes en fonction des secondaires I-II-III-IV-V pour être certain d'avoir des locaux pour accueillir la clientèle. C'est vraiment l'équipe-école de sciences qui décide ça en début d'année à cause de la contrainte organisationnelle.

[Catherine, EI, 74]

Catherine a également mentionné que la gestion du matériel inhérente au projet faisant appel à de la technologie peut être problématique. Cela passe entre autres par la relation qui prévaut entre l'enseignant et la TTP. La qualité de cette relation semble affecter l'ampleur des projets qu'il est possible de mettre en œuvre à l'intérieur des environnements « laboratoire » de même que leur mise en œuvre.

P : Encore que des fois, il faut aussi considérer les techniciens avec qui tu travailles.... c'est un facteur à considérer. Il faut que la personne soit ouverte... est-ce qu'il capote sur les normes de sécurité. Tsé, il y en a avec qui tu travailles qui te laisse plus de latitude et qui travaille en équipe tandis que d'autres sont toujours en train d'essayer de te coincer. C'est encore un autre facteur à considérer aussi... le matériel et l'aménagement des locaux.

[Catherine, EI, 68]

Par ailleurs, il importe de mentionner que l'activité du laboratoire de robotique MRUA fait appel à des trousse de robotique. Or, sur le plan budgétaire, cela peut être un choix difficile, car lesdites trousse sont particulièrement onéreuses à se procurer. Néanmoins, dans ce cas précis, l'achat avait d'ores et déjà été effectué par l'école antérieurement, notamment pour soutenir le parcours d'activité robotique. De manière comtable, des économies ont été réalisées en employant les robots, car l'école devait renouveler aussi son matériel de laboratoire dédié pour l'enseignement de la physique. Ainsi, les trousse sont un préalable à l'activité qui peut être dispendieuse, mais leur polyvalence pourrait permettre de faire des économies ailleurs.

P : Et quand je suis arrivée [en physique], je me suis dit que nous avons du matériel... pas désuet, mais vieux et très peu technologique [...] Alors, je me suis dit qu'il faudrait se renouveler dans le matériel et je me suis mis du temps dans ma tâche pour faire des recherches sur le matériel qui pourrait nous aider [...] pour ma partie mécanique [...] Puis, ici on a un cours d'option en robotique...

[Catherine, EI, 116]

P : Moi, faut commencer par partager l'activité. Je pense que la problématique qui aurait par rapport à ça, c'est bon, si tu as les kits à l'école, ça va bien. Une école qui est équipée en robotique, ça

coute des milliers de dollars. Je prends juste l'exemple si je m'en vais demain matin à [nom d'une autre école] et j'enseigne la physique, je ne peux pas le faire. Je pense qu'il y a une grosse limite à ce niveau-là. Mais, apparemment, je ne sais pas si toi tu le sais, y'a quand même des écoles qui sont équipées, mais reste à voir... C'est sur qui a une limitation au point de vue matériel et tout ça.

[Catherine, EF, 69]

Autrement différents enjeux de gestion du temps ont été relevés par Catherine en ce qui a trait à l'opérationnalisation de son activité et plus largement des activités analogues faisant appel à de la technologie. Elle mentionne d'entrée de jeu que la durée de son activité est appropriée, et ce, bien qu'elle ne dure qu'un seul cours. L'enseignante justifie cela de différentes manières, notamment en lien avec le degré d'ouverture de son scénario. À ses yeux, une forme de paradoxe apparaît lorsque l'on « ouvre » les situations d'apprentissage. Le paradoxe est à l'effet que plus on ouvrirait, c'est-à-dire plus les élèves auraient un degré de liberté élevé durant l'activité, plus paradoxalement l'enseignant devrait encadrer les élèves notamment afin d'éviter l'éparpillement et le gaspillage de temps. Ainsi, l'enseignante opte pour une organisation plus serrée du calendrier, poussant les élèves à bien « gérer leur temps », du moins durant les heures de classe. L'enseignante utilise d'ailleurs différentes stratégies pour économiser du temps telles que fixer aux élèves des objectifs clairs en termes de réalisation, l'utilisation de capsules virtuelles pour montrer des procédures plus techniques et l'ajout de temps supplémentaire en dehors des heures de classe.

P : [...] Elle rentre bien dans le temps. Celle-là on la conserve comme ça [...]

[Catherine, EF, 26-27]

P : [...] Alors j'essaie de demander une gestion de temps assez stricte. [...] Mais c'est ça, il faut qu'ils gèrent leur temps : « après tel cours, tu dois avoir fini ça, alors gère ton temps, organise-toi » [...] Des fois, tu as des projets très encadrés aussi que tu suis ta gamme de fabrication et que c'est facile... que tu arrives à la fin avec ton objet. Mais parfois c'est plus libre, plus ouvert... tu pars avec quelque chose à la base et après bon tu dois développer quelque chose. [...], ce n'était pas évident quand tu as la partie créativité qui est là.

[Catherine, EI, 81-85]

De manière plus large, le manque de temps se fait également sentir à l'échelle de la tâche. Cela se manifeste généralement par une incapacité à mettre à l'horaire différentes tâches de coordination et de préparation de l'enseignement. Cela concerne également du temps pour se concerter entre collègues enseignants en équipe disciplinaire. Or, un élément facilitateur découle de la reconnaissance accordée par la direction de l'établissement à son équipe pour effectuer lesdites tâches, ce qui n'est pas uniforme dans le monde scolaire. Lorsque cela est présent, comme ce fut le cas de notre enseignante, les effets

« positifs » semblent perçus rapidement par le personnel. La mise en œuvre et le développement d'activités d'intégration des ST sont grandement facilités à la base par une reconnaissance effective des moments de coordination, de planification, de développement et, le cas échéant, de formation qui précèdent le développement des activités. Cela est d'ailleurs fort bien verbalisé par l'enseignante Catherine :

P : [...] On nous coupe toujours, toujours plus de choses à faire avec moins de temps. [...], y'a une ouverture qui fait en sorte que bon, [nom du directeur] va dire : « OK je vais vous donner du temps dans votre tâche, développer un nouveau projet, prenez le temps qui faut, ça va, aucun problème. » [...] De planifier, de s'organiser. De dire tel jour, telle heure, c'est notre temps-là, on se rencontre, on fait ça.

[Catherine, EI, 89-91]

P : [...]. Même moi je ne suis pas à jour et formée à ces nouveautés, ce qui est disponible. Des fois, tu fais le saut quand tu feuilletes et que tu réalises tout ce qu'il y a. Il y a aussi le temps qui est important. Quand on est capable de se mettre du temps dans nos tâches pour monter ces projets, on le fait plus c'est sûr. Cette année on a mis sur pied un comité laboratoire. [...] Donc en ayant du temps et des comités avec des moments fixes, ça devient plus facile d'élaborer des activités. [...] pis en plus à la base on a déjà beaucoup de choses dans nos tâches... Alors quand c'est là au départ c'est facilitant. Je pense qu'en tout cas ça favorise beaucoup l'élaboration de projet. [...]

[Catherine, EI, 140-142]

Enfin les dernières contraintes relevées concernent des aspects plus spécifiquement liés aux programmes de ST du secondaire. La surcharge des programmes est aussi relevée par Catherine qui constate ne pas avoir suffisamment de temps pour mettre l'horaire plusieurs activités faisant appel à de la technologie. Malgré cette contrainte, elle réitère l'importance (et l'obligation) de faire des projets de la sorte. L'école où elle travaille a d'ailleurs opté pour une introduction de ceux-ci mieux coordonnée entre les différents niveaux afin de diminuer le fossé à franchir en quatrième secondaire, notamment en prévision de l'examen du ministère.

P : [...]. Mais dans les faits, comme je te dis, souvent on n'a pas le temps tant que ça. Tu vois ton programme, tu fais ton projet techno dans l'année et après tu retournes à la théorie... c'est un feu roulant.

[Catherine, EI, 77]

P : Je pense que l'on peut très bien mettre en place des projets, peu importe. Notre projet techno, on doit le vivre pareil. Tu vas devoir prendre du temps dans l'année pour vivre ton projet et intégrer tes concepts technologiques. En 4, c'est encore plus important, à la fin tu as ton épreuve d'analyse techno. Même que je trouve que l'on manque d'analyse technologique à partir de secondaire I, II et III. [...] Alors, on s'est dit dans notre comité de laboratoire qu'il fallait remédier à la situation et que dès l'an prochain on allait aller vers l'analyse techno à partir de secondaire I parce qu'en

4 c'est un manque incroyable. Les élèves deviennent en mode panique parce qu'ils sont mal préparés. [...] Je pense que les profs en I et II ne savent même pas c'est quoi l'épreuve d'analyse que les élèves doivent faire en 4. [...] Donc, la communication c'est un gros enjeu pour que ça marche.

[Catherine, EI, 143-144]

Enfin, Catherine semble constater que, dans la livraison, il y a peu de différence d'opérationnalisation entre les profils de formation ATS et ST, ce qui théoriquement ne devrait pas être le cas notamment pour le profil ATS qui doit permettre de mettre en œuvre des activités technologiques. Elle déplore donc le manque de nuance dans la livraison des profils :

P : ATS et ST je trouve qu'au final il n'y a pas tant une grosse différence quand on arrive pour faire des projets technos. En ATS, on va peut-être en faire 2-3 normalement. Si le prof est là et qu'il se dit je vais suivre le sujet... Je trouve que dans la livraison il n'y a au final pas tant de différence. On va peut-être plus loin dans certains concepts, dans la compréhension de l'univers technologique il y a plus c'est certain, mais au niveau de la pratique ce n'est pas nécessairement ce qui se passe... il y en plus tant que ça. Il devrait peut-être en avoir plus. Moi je trouve que le manque de nuance, c'est tannant. Je trouve qu'en 4e secondaire, moi je l'avais l'année passée ATS, je trouve qu'il n'y a pas beaucoup de contenu, mais, c'est ça, peu de projets. Il devrait y en avoir plus, alors il faut se lancer, mais en même temps c'est des coûts aussi...

[Catherine, EI, 47]

Le compteur d'eau-Carole (Ajustements)

L'opérationnalisation de l'activité du compteur d'eau a permis de mettre en lumière des contraintes organisationnelles et de gestion du temps. Sur plan organisationnel, l'accès au laboratoire de technologie a été problématique pour Carole. En effet, il avait été initialement prévu que l'ensemble des activités de fabrication se déroulent en classe atelier. Or, seulement deux cours se seront au final déroulés à l'intérieur de ce local, les autres étant forcés d'être relocalisés en classe régulière. Ce changement est apparu au cours l'activité et a nécessité des modifications au cahier des charges initialement prévu. En effet, les élèves pouvaient initialement utiliser des matériaux tels que le bois pour construire leur système de compteur d'eau, ce qui n'était plus possible ou viable sans un accès aux machines-outils. Les élèves ont donc dû se rabattre sur des matériaux qui pouvaient se façonner plus facilement avec des outils manuels. Aussi, étant donné que l'activité ne s'est plus déroulée en laboratoire de technologie, la TTP n'a pu être présente lors du cours (pour demeurer avec les élèves présents en classe-atelier), laissant l'enseignante seule pour gérer l'ensemble des aspects de l'activité (p.ex. gestion du matériel, du ramassage, supervision des équipes, etc.) ce qui constitua un important défi pour Carole. Cet évènement révèle donc l'importance de la cohérence entre les matériaux à utiliser et les outils (ou l'atelier) disponibles pour les façonner.

P : [...] Après ça, les matériaux. Va falloir vraiment que je délimite parce que si je laisse trop le choix on finira plus. C'est sûr que l'atelier n'était pas disponible alors j'avais une grosse limite de ce côté-là [...] en atelier ils avaient droit à d'autres matériaux que le carton. Il va falloir que je délimite vraiment le local, ça va être... « Choisis un matériau ». Ça va probablement être le carton encore. Le bois ça demande trop de travail sans les outils qu'il faut.

[Carole, EF, 27]

Par la suite, la mise en œuvre de projets faisant appel à de la technologie se bute fréquemment à des problèmes d'ordre budgétaire. En effet, il semblerait que le budget disponible pour faire l'acquisition de matériaux de fabrication soit très limité. L'emploi de stratégies de réutilisation et de recyclage des matériaux à travers les divers projets devient donc un levier à la viabilité. Par exemple, une composante qui peut servir pour plusieurs projets est donc plus intéressante dans un contexte où le budget pour s'en procurer une nouvelle est insuffisant. De même, demander aux élèves d'utiliser des matériaux recyclés (p.ex. cannettes d'aluminium, contenants d'emballage en plastique, etc.) est également un choix astucieux dans le contexte.

P : [...] Et je sais que le budget des labs est coupé. On dit 2000 \$ par années, c'est même pu ça. Ils ont 2000 \$ et une fois qui va être épuisé, ce n'est pas sûr qu'il va être renouvelé l'année d'après. [...] Les [TTP], quand ils démontent des machines quand elles sont finies. Ils me récupèrent des pièces : « mettez ça dans les boîtes ». Moi, ce sera pour moi pour les projets technos. [...]

[Carole, EI, 287]

Enfin, bien que l'enseignante ne mentionne pas vivre de contraintes particulières liées à la gestion du temps, elle a offert néanmoins du temps supplémentaire sur l'heure du midi pour permettre aux équipes qui ont avancé plus lentement de rattraper leur retard.

4.1.4.4 Opérationnalisation de l'intégration : analyse transversale des cas

L'analyse individuelle des cas a permis de mettre en lumière les éléments d'opérationnalisation davantage pris en charge parmi nos différents cas à l'étude. La présente section dégage les points de convergences à travers le premier niveau de résultats pour les différents items de la rubrique. Le tableau 9 ci-dessus rapporte les principaux résultats issus de l'analyse individuelle des cas.

D'abord, en ce qui a trait à l'approche pédagogique privilégiée pour la mise en œuvre de l'intégration des ST, il est remarqué que les activités partagent beaucoup de caractéristiques communes. Comme mentionné antérieurement, les scénarios des activités étaient tous structurés autour d'une démarche de résolution de problème. Une majorité de ces problèmes était de nature technologique (3/4) et faisait par

conséquent appel à l'approche de design/conception technologique; une activité (1/4) proposait un problème concret de nature scientifique qui conduisait à la mise en œuvre d'une approche par problème. Parmi l'ensemble des activités, il a été observé que les élèves empruntaient un itinéraire constitué de retours en arrière (itération) en fonction des problèmes rencontrés ou des choix nouveaux à considérer (*p.ex.* cycles de prototypages, nouvelles prises de données, etc.). Le travail des élèves était aussi axé sur le travail en équipe et centré sur eux. Parallèlement, celui des enseignants était de l'ordre de la supervision du travail en équipe et de l'orchestration des projets.

Ensuite, en ce qui a trait aux ajustements à l'environnement d'apprentissage, les cas révèlent différents enjeux organisationnels partagés. Parmi ceux-ci, le laboratoire de technologie, sur le plan de sa disponibilité ou de sa présence au sein de l'école, est une contrainte majeure à considérer par les enseignants. La coordination entre enseignants de ST semble avoir été un levier important pour la mise en œuvre des activités (ou un frein lorsque celle-ci n'était pas présente comme dans le cas du compteur d'eau). De plus, la gestion du matériel (*p.ex.* matériaux de construction, outils de fabrication, matériel expérimental, robot, etc.) a été une préoccupation importante également. La tâche s'est avérée chronophage dans la plupart des cas, ce qui a nécessité une demande considérable de gestion de la part des enseignants (et de la TTP). De même, le budget pour se procurer du matériel étant fort limité, il a été constaté que les enseignants ont dû faire usage de créativité pour pallier cette contrainte (*p.ex.* réutilisation des composantes, pairage avec d'autres enseignants, etc.).

Tableau 4.4 — Synthèse de la rubrique liée à l’opérationnalisation des activités d’intégration des ST

<i>Dimensions</i>	<i>Le jeu de Kermesse-Caroline</i>	<i>Le planeur-Marc</i>	<i>Le laboratoire MRUA — Catherine</i>	<i>Le compteur d’eau-Carole</i>
Approche d’intégration des ST	<p>Approche de design :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Problème de départ de nature technologique. • Structure du cahier de l’élève (c.-à-d. cahier des charges) en fonction de la démarche de CT • Cycles d’évaluation et de conception des prototypes de jeu observés • Travail en équipe des « concepteurs » • Activité centrée sur les élèves; l’enseignante guide les activités 	<p>Approche de design :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Problème de départ de nature technologique • Structure du cahier de l’élève (c.-à-d. cahier des charges) en fonction de la démarche de CT • Cycles d’évaluation et de conception des prototypes des planeurs • Travail en équipe de « concepteurs » • Activité centrée sur les élèves; enseignant guide les activités 	<p>Approche par problème :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Problème de départ de nature scientifique • Problème concret • Structure du cahier de l’élève en fonction de la démarche expérimentale • Travail en équipe de autour de la résolution du problème • Activité centrée sur les élèves; enseignant guide les activités 	<p>Approche de design :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Problème de départ de nature technologique • Structure du cahier de l’élève (c.-à-d. cahier des charges) en fonction de la démarche de CT • Cycles d’évaluation et de conception des prototypes de compteur d’eau. • Travail en équipe de « concepteurs » • Activité centrée sur les élèves; enseignant guide les activités
Ajustements à l’environnement d’apprentissage	<p>Contraintes organisationnelles</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aucun laboratoire de technologie. • Degré d’ouverture dans le choix des matériaux <p>Gestion du temps</p> <ul style="list-style-type: none"> • Manque de temps pour mettre à l’horaire d’autres activités analogues. <p>Programmes et parcours de formation en ST</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lourdeur des programmes de ST : Récurrence des contenus entre les années 	<p>Contraintes organisationnelles</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gestion du matériel chronophage • Gestion des matériaux sous supervision <p>Gestion du temps</p> <ul style="list-style-type: none"> • Manque de temps (contrainte principale) : limite la formation et le développement pédagogique. • Évaluation du temps de travail difficile à effectuer <i>a priori</i> : calendrier flexible <p>Programmes et parcours de formation en ST</p> <ul style="list-style-type: none"> • Parcours facilitateur d’activité scientifique 	<p>Contraintes organisationnelles</p> <ul style="list-style-type: none"> • Accès limité aux laboratoires de technologie • Coordination entre enseignants de ST des activités technologiques • Relation avec la TTP • Trousses de robotique : essentielles et onéreuses <p>Gestion du temps</p> <ul style="list-style-type: none"> • Paradoxe de l’ouverture et de l’encadrement • Stratégies d’économie de temps • Coordination et de préparation de l’enseignement : reconnaissance de temps 	<p>Contraintes organisationnelles</p> <ul style="list-style-type: none"> • Accès limité au local de technologie VS Degré d’ouverture dans le choix des matériaux • Contraintes budgétaires pour les activités de laboratoire technologique <p>Gestion du temps</p> <ul style="list-style-type: none"> • Temps supplémentaire sur l’heure du midi <p>Programmes et parcours de formation en ST</p> <ul style="list-style-type: none"> • Non évoqués

			Programmes et parcours de formation en ST	
			<ul style="list-style-type: none"> • Lourdeur du programme : projets technologiques à partir du sec. I • Manque de nuance entre les profils ATS et ST 	
Supports à l'enseignement	Équipe pédagogique	Équipe pédagogique	Équipe pédagogique	Équipe pédagogique
	<ul style="list-style-type: none"> • TTP : formation d'appoint en électricité et en formation pratique • Direction pédagogique : besoins ponctuels de formation • Équipe disciplinaire de ST : partage de matériels pédagogiques et idéation d'activités 	<ul style="list-style-type: none"> • TTP : Accompagnement en atelier et préalable à la mise en œuvre d'activités de technologie ambitieuses. • Direction : Permet des innovations pédagogiques (liberté « créative ») • Équipe disciplinaire de ST : travail complémentaire entre enseignants novateurs 	<ul style="list-style-type: none"> • Équipe disciplinaire : partage de matériels pédagogiques et idéation d'activités; coordination des activités de technologie • Enseignante experte-robotique : accompagnement en matière de robotique • Direction : Encourage des innovations pédagogiques, ouverture à la formation de comité de coordination (équipe disciplinaire) pour « organiser » les activités. • TTP : préalable à la mise en œuvre d'activités de technologie ambitieuses 	<ul style="list-style-type: none"> • TTP
		Support externe	Support externe	Support externe
		<ul style="list-style-type: none"> • Formation continue : Formation axée sur l'enseignement de la technologie • CP : Culture de partage au sein de l'équipe pédagogique (courroie de transmission ou initiateur) 	<ul style="list-style-type: none"> • Outil numérique (c.-à-d. YouTube) 	<ul style="list-style-type: none"> • Matériels produits par les maisons d'édition

Dans un autre ordre de contrainte, si tous les enseignants semblent relever des défis en lien avec la gestion du temps, les manières dont s'incarnent ces défis sont assez différentes d'un cas à l'autre. Pour certains, c'est la lourdeur des programmes qui nuit à la mise en œuvre ; le temps pouvant être consacré aux activités jugées non traditionnelles était fort limité. Pour d'autres, c'est le temps de développer des activités, de se former à de nouveaux contenus ou encore le temps de se rencontrer et de se coordonner entre enseignants qui fait défaut. Parmi les leviers identifiés, les milieux où la coordination entre enseignants est mieux réussie semblent plus favorables à l'élaboration et la mise en œuvre d'activités. En plus, il est difficile de prévoir *a priori* le temps réel que durera une activité (qui dépend surtout du degré d'ouverture). Or, la durée doit donc être déterminée afin pas trop empiéter sur le temps d'enseignement consacré à d'autres notions. Les enseignants concernés emploient par conséquent des stratégies pour « sauver du temps » ou en offrir davantage aux élèves par exemple en proposant de la fabrication en dehors des heures (maison ou heure du midi) ou encore en utilisant de capsules virtuelles pour diminuer le temps d'appropriation de certaines tâches techniques par les élèves.

Les enseignants semblent aussi se rejoindre quant à la « lourdeur » apparente des programmes de ST du secondaire. À leurs yeux, les programmes sont surchargés et les effets de cette surcharge sont multiples. Les avenues déclarées ou effectives pour pallier ce problème semblent différentes pour les enseignants participants. Par exemple, un milieu a créé une concentration « ST » qui permet, en offrant plus de périodes à la grille horaire, de mettre en œuvre plus d'activités d'intégration des ST. D'autres se coordonnent pour mieux distribuer les cibles de formation pratique en ST entre la 1^{re} et la 4^e secondaire, et ce, pour éviter l'embâcle de la quatrième secondaire.

Enfin, quant aux supports à l'enseignement, il est constaté qu'une TTP a été présente lors de la mise en œuvre de toutes les activités étudiées. Tel que mentionné antérieurement, il s'agit d'un allié fort important pour la mise en œuvre desdites activités. Plus largement, la variable « équipe disciplinaire » a été relevée pour la plupart des cas étudiés (3/4). Selon les participants, cette équipe peut former une communauté de pratiques qui permet le partage et le développement pédagogique ainsi que la coordination entre enseignants. La direction de l'école joue également un rôle important quant à l'effectivité de l'équipe en question. Il a été notamment discuté de l'importance de créer un climat où l'innovation pédagogique est encouragée et supportée de différentes manières par le gestionnaire de l'établissement (*p.ex.* reconnaissance de temps, libération, aménagement de temps dans l'horaire des enseignants)

4.2 Les pratiques d'enseignement balisant l'intégration en ST

La seconde partie de ce chapitre concerne l'explicitation des pratiques d'enseignement qui ont appuyé les activités d'intégration des ST. Ce mouvement relève plus spécifiquement du troisième objectif de recherche. Afin de faciliter le repérage des pratiques au sein des données, des regroupements ont été préalablement dégagés:

- la contextualisation et/ou la problématisation des apprentissages;
- l'exploration de savoirs disciplinaires et intégrés et le développement d'une connaissance des interactions ST;
- l'articulation de démarches ouvertes et centrées sur l'élève;
- la régulation et l'évaluation des apprentissages inhérents aux ST.

À titre de rappel, ceux-ci constituent des points de convergence entre les différents critères proposés au sein de la littérature sur les pratiques d'enseignement efficaces en sciences et en technologie. Les résultats relatifs à la présente section sont structurés autour de ceux-ci et forment en fait les métacatégories employées pour l'analyse. Celles-ci ont ensuite été précisées avec des catégories émergentes établies par la démarche d'analyse inductive. Les tableaux présents dans cette section emploient cette même structure de présentation et fournissent une synthèse des pratiques relatives à chacun, et ce, en fonction des cas étudiés.

4.2.1 Des pratiques favorisant la contextualisation/problématisation des apprentissages en ST

Ce premier regroupement concerne, rappelons-le, les pratiques permettant de contextualiser les apprentissages scientifiques et technologiques. Pour le dire autrement, il s'agit de pratiques permettant de rendre aux yeux des élèves les objets d'apprentissage en ST plus tangibles, concrets ou ancrés dans la vie de tous les jours. Cela touche également les pratiques entourant la définition ou le suivi des contextes de problématisation, permettant la mobilisation de savoirs ou de démarches scientifiques ou technologiques.

L'analyse des données a permis de relever la présence de trois grandes déclinaisons de ces pratiques d'enseignement, soit :

- la contextualisation des problèmes ;
- la contextualisation par l'actualité ou la vie de tous les jours; et
- la contextualisation par le numérique

La section qui suit présente les instanciations de celles-ci pour chacun des cas.

Le jeu de kermesse-Caroline (Contextualisation)

Lors de la mise en œuvre de l'activité du jeu de kermesse, Caroline a employé ou évoqué différentes stratégies de contextualisation. D'abord, certaines pratiques ont été plus spécifiques à la compréhension du contexte de l'activité, ou en l'occurrence, le problème de départ. Le but de ces pratiques est ici de bien faire comprendre aux élèves la nature du problème ou du défi qui leur est posé afin que ceux-ci s'engagent positivement et avec une certaine compréhension. À titre d'exemple, lors de la phase de contextualisation de son activité, plusieurs interventions ont été observées où notamment elle s'assure de la compréhension des élèves des contraintes (du problème) du cahier des charges. Par exemple, elle fait la lecture de la mise en situation avec les élèves en apportant plusieurs explications complémentaires ayant trait aux contraintes du cahier des charges (voir AS, Sec. 1.1, annexe IV). Caroline a aussi présenté des prototypes de jeu qui ont été réalisés par des élèves lors des années antérieures afin qu'ils puissent voir des exemples concrets (voir AS, Sec. 1.1, annexe IV).

Parallèlement, il a été possible d'observer chez l'enseignante un emploi fréquent d'objets ou d'artéfacts réels afin d'illustrer un principe quelconque. La citation ci-dessous propose un exemple d'utilisation d'artéfact (c.-à-d. un pot de colle) pour illustrer une caractéristique du système de transformation du mouvement:

P : [...] Hier, je parlais des transmissions de mouvement et des transformations de mouvement et de réversibilité avec une équipe. Et ce n'était pas clair la réversibilité. Alors j'ai dit à un élève : « sort ton pot de colle de Pritt. » [...]

[Caroline, E1, 270]

Concernant la dernière catégorie de pratique de contextualisation, Caroline a fait usage du numérique pour contextualiser son enseignement. En fait, le contexte particulier du milieu scolaire, où celle-ci

travaille, permet aux élèves d’avoir accès à une tablette numérique en salle de classe. Ainsi, l’enseignante encourage les élèves à visiter des ressources en ligne pour s’inspirer, notamment *a priori* de la conception de leur jeu de kermesse (voir AS, Sec. 1.2, annexe IV). Il s’agit à notre avis d’un autre moyen permettant aux élèves d’alimenter leur compréhension du projet à même des exemples issus de la vie de tous les jours. Autrement, Caroline évoque lors de son entretien initial d’autres utilisations plus générales du numérique qu’elle met en œuvre dans sa salle classe, mais qui n’ont pu être observées sur le terrain:

P : Oui. Je me sers beaucoup de mon écran [TNI]. Des photos, des PowerPoint, je fais des Keynotes. J’essaie d’avoir toujours un visuel à toutes les cours pratiquement. Pour qu’ils... des fois c’est des petits vidéos de rien du tout. Moi je vais beaucoup sur Allô Prof. [...] Mes exemples, je vais les chercher là.

[Caroline, EI, 276]

Le planeur-Marc (Contextualisation)

L’activité du planeur a aussi permis de relever plusieurs pratiques de contextualisation. D’abord, il a été observé que Marc a investi du temps et des efforts pour la présentation du problème de conception de son activité. En fait, le premier cours de la phase de contextualisation a été dédié presque exclusivement à cette tâche. Entre autres pratiques, Marc s’est accroché au vécu de ses élèves pour faire des liens pertinents avec l’activité à venir. Par exemple, lors de la phase de contextualisation, l’enseignant a posé des questions aux élèves afin de faire ressortir les caractéristiques connues par ceux-ci permettant à un aéronef de voler (voir, AS, section 1.3, Annexe V). La citation ci-bas résume bien la préoccupation de Marc quant à la « mise en contexte » de ses élèves face à l’activité:

P : [...] Faut les mettre en contexte. [...] Tu as vu, je suis beaucoup sur internet. Les modèles, je leur dis toujours : on a le droit de s’inspirer, mais on ne copie pas. Et encore aujourd’hui tu as vu, je leur ai montré d’autres modèles avec d’autres sources. Et les jeunes, ils sont sur leur cellulaire et ils vont voir. Tantôt on en avait qui étaient sur Google, sur YouTube, et ils vont voir un peu [...]

[Marc, EI, 127-129]

Cette dernière citation révèle également que l’enseignant fait usage d’autres pratiques pour rendre visible le contexte de départ de l’activité, notamment la présentation de contenus sur le web, de productions réalisées par les élèves lors des années antérieures ou encore de laisser les élèves rechercher du contenu pertinent en ligne. Certaines pratiques font donc appel à des exemples concrets tandis que d’autres concernent l’utilisation du numérique. Les pratiques faisant appel au numérique semblent d’ailleurs

occuper une place d'importance, celles-ci ayant été observées à plusieurs reprises lors de la phase de contextualisation. Par exemple, Marc a utilisé le TNI afin d'y diffuser des images ayant trait au domaine de l'aviation. Il a diffusé notamment des photos/exemples d'avions tels que l'Airbus A-380 [voir AS, section 1.3, annexe V]. Il a également diffusé une capsule vidéo de l'illusionniste Luc Langevin pour introduire le concept de gravité. La citation suivante fait un retour sur l'utilisation du numérique par l'enseignant comme levier à la contextualisation de l'activité :

P : [...] Tu as vu, j'ai montré le gros Airbus 380 au début. Il faut apprendre à transférer ça dans le vrai monde aussi. [...]

C : C'est d'actualité.

P : Ben oui. On essaie toujours de rattacher à l'actualité [...] Je me dis, si je suis capable de leur amener un petit quelque chose de plus et que [la TPP] à leur fait expérimenter avec nos expériences et qu'ils le voient, ils vont être capables de transférer ça à la vraie vie.

[Marc, EF, 53-58]

Tout au long de la présentation l'enseignant n'a pas hésité à ajouter des informations (oralement ou par écrit directement sur le TNI) concernant les savoirs scientifiques qui sont traitées et importants pour comprendre le fonctionnement du vol des planeurs. Il a fait également une rapide démonstration à l'aide d'une feuille sur laquelle il souffle (au-dessus de la feuille afin qu'elle se soulève) afin de montrer l'effet de la circulation de l'air sur celle-ci. On comprend donc que Marc a multiplié les actions pour rejoindre le plus grand nombre possible d'élèves. Il cherche à les motiver à l'égard de l'activité en proposant des illustrations concrètes des différents principes scientifiques ou technologiques inhérents. Le numérique qu'il utilise ou encore les artéfacts qu'il présente constituent des appuis importants ou du moins facilitent grandement la contextualisation inhérente à l'activité. La citation ci-dessous évoque au final l'importance qu'accorde notre participant à la contextualisation de son enseignement par les différents outils, notamment numériques, qu'il utilise :

P : Moi, je suis toujours comme ça. C'est peut-être trop, je ne sais pas, mais des fois les jeunes m'appellent à la blague M. Vidéo. Il n'y a pas une journée où il n'y a pas un petit bout de vidéo sur quelque chose que je suis en train d'expliquer. [...] Donc, oui j'ai plusieurs manières pour aller justement rejoindre tous les types d'élèves si tu veux [...] Quand je te dis que je fais jouer des petits documents vidéos, ce n'est pas pour m'asseoir et me reposer sur une chaise... c'est pour ajouter. Et je fais souvent des arrêts et je pointe ou dessine sur l'écran, j'ajoute des détails. C'est une manière différente d'ajouter du contenu je trouve et je ne pourrais plus me passer de ça. Ça fait vraiment partie de mon enseignement.

[Marc, EF, 84-90]

Le laboratoire de robotique MRUA — Catherine (Contextualisation)

L'activité du laboratoire de robotique met en exergue quelques déclinaisons de pratiques liées à la contextualisation. Comme cela a été évoqué précédemment, le choix de l'enseignante d'utiliser la robotique repose sur une volonté d'offrir une contextualisation intéressante des apprentissages en sciences. Le numérique, notamment par le truchement de la robotique, a occupé par conséquent une place centrale au sein des pratiques de contextualisation, car il s'agit de sa fonction première. Toutefois, l'enseignante ne s'y est pas limitée et a étendu son registre à l'emploi d'autres outils analogues. Par exemple, l'enseignante présente habituellement des contenus visuels tels que des animations ou des vidéos auxquelles elle ajoute en simultané des annotations. Ces pratiques n'ont toutefois pu être observées lors de notre passage en salle de classe⁷⁰. La citation ci-dessous évoque ce noyau d'idées :

P : C'est sûr j'ai été, par rapport justement à semer des étincelles, toucher à la robotique, moi j'avais fait aussi au départ un PowerPoint de robotique. [...]

[Catherine, EF, 14]

P : Oui, j'essaie le plus possible, j'ai entre autres, beaucoup de supports visuels, des animations sur Internet [...] oui un TNI. Et moi j'ai souvent des PPT qui viennent soutenir un peu[...] Maintenant, il y a plein de choses en ligne [...] Moi en techno, j'ai plein de pages d'ouvertes dans le Smart [logiciel pour le TNI] que l'on utilise pour projeter du contenu et annoter le contenu, ajouter des couleurs. C'est pas mal plus interactif que ça l'était dans notre temps.

[Catherine, EI, 95-105]

Le compteur d'eau-Carole (Contextualisation)

L'activité du compteur d'eau ne fait pas exception et a permis de mettre en lumière des pratiques liées à la contextualisation des apprentissages. Il importe de rappeler d'entrée de jeu le contexte particulier de cette activité qui proposait de reprendre une activité d'analyse technologique (issue d'une épreuve ministérielle) et de l'élargir jusqu'à la conception/fabrication d'un compteur d'eau. En effet, ce contexte de départ atypique a amené l'enseignante à d'abord diffuser une animation du compteur d'eau, et déployer ensuite des actions pour s'assurer que les élèves comprennent et respectent les différents

⁷⁰ L'activité s'est déroulée dans le laboratoire de robotique de l'école qui n'est pas la classe régulière de l'enseignante. L'accès à ses outils usuels était par conséquent plus limité. Catherine mentionne avoir présenté une présentation réalisée par l'entremise du logiciel PowerPoint lors d'un cours précédent concernant le domaine de la robotique, mais cela n'a pu être observé directement par l'étudiant-chercheur.

éléments du problème (de conception) qui s'en est suivi. L'analyse synoptique de l'activité témoigne que l'enseignante est d'ailleurs revenue au moins à trois reprises au cours de l'activité sur les contraintes de départ (voir AS, sections 1.3, 2.4 et 2.6, Annexe VI).

Autrement, Carole a mentionné employer d'autres pratiques pour contextualiser son enseignement, notamment par l'actualité ou la vie de tous les jours qu'elle insère sous forme d'exemples. Cette pratique a surtout été observée lors de la supervision des équipes durant la conception/fabrication des compteurs d'eau. Les élèves ayant des expériences de vie inégales, l'enseignante a toutefois soulevé la nécessité de choisir avec soin lesdits exemples pour que ceux-ci fonctionnent bien. Autrement posé, il importerait de choisir des exemples qui « parlent » aux élèves en ce sens qu'ils s'arriment à eux, à leur vécu et à leurs intérêts. Les propos de Carole à cet égard :

*P : [...] C'est ça, c'est des liens de même qu'on fait constamment pour qu'ils puissent faire des liens. Parce que moi, c'est l'importance, c'est d'ancrer ce qu'ils ont vu, que ça n'a pas été perdu. Ça, c'est le problème. Ça dépend de l'intérêt. C'est ça que je dis [...] **Faut être créatif pour attirer leur attention [...]. Mais, il y a des fois que c'est au-dessus d'eux autres parce qu'ils n'ont pas encore cette expérience-là et ce vécu-là. Même si je leur parle d'une usine, de quelque chose, d'une industrie, ils ne sont pas là pantoute.***

[Carole, EI, 224-227]

4.2.1.1 Les pratiques de contextualisation/problématisation des apprentissages en ST : analyse transversale de cas

Le Tableau 4.5 — *Synthèse des pratiques d'enseignement liées à la contextualisation/problématisation* résume les différentes déclinaisons de pratiques pour chacun des cas d'activité. À la lumière de ce tableau, un premier constat général s'impose à l'effet que les enseignants multiplient les angles (les pratiques) de contextualisation afin d'engager les élèves dans l'activité. Il semble donc y avoir une réelle préoccupation partagée à rapprocher les élèves des apprentissages en proposant des ancrages contextuels pertinents. Les manières de contextualiser ont été plurielles, les enseignants privilégiant les pratiques d'enseignement expérimentées ou avec lesquelles ils ont développé une certaine affinité avec le temps.

Tableau 4.5 — Synthèse des pratiques d’enseignement liées à la contextualisation/problématisation

	<i>Le jeu de kermesse (Caroline)</i>	<i>Le planeur (Marc)</i>	<i>Le laboratoire de robotique- MRUA (Catherine)</i>	<i>Le compteur d’eau (Carole)</i>
Contextualisation des problèmes	<ul style="list-style-type: none"> – Montre des réalisations des élèves (année antérieure) pour illustrer ses attentes en matière de réalisation. – Explicite abondamment les contraintes du cahier des charges. 	<ul style="list-style-type: none"> – Questionne les élèves pour s’accrocher à leurs CA pour contextualiser le défi. – Montre des réalisations des années antérieures pour montrer des possibles aux élèves; 		<ul style="list-style-type: none"> – Explicite abondamment les contraintes du cahier des charges, et ce, à plusieurs reprises au cours de l’activité.
Contextualisation par l’actualité ou la vie de tous les jours	<ul style="list-style-type: none"> – Fait appel à des objets (des artefacts technologiques) pour illustrer des principes scientifiques ou technologiques. 	<ul style="list-style-type: none"> – Fait appel à des objets (c.-à-d. feuille de papier, modèle réduit de planeur) pour illustrer certains principes liés au vol. – Présente des nouvelles (<i>p.ex.</i> A-380, écrasement d’avions de Boeing) ou des éphémérides historiques (<i>p.ex.</i> Concorde, Zeppelin) en lien avec les contenus relatifs à l’activité. 		<ul style="list-style-type: none"> – Propose des exemples pour illustrer certains principes scientifiques ou technologiques
Contextualisation par le numérique	<ul style="list-style-type: none"> – Intègre différents contenus numériques (<i>p.ex.</i> PPT, photos, vidéos, Alloprof) pour donner des exemples illustrant des principes scientifiques ou technologiques. – Permet aux élèves d’utiliser leur tablette numérique pour s’inspirer avant la conception de leur jeu de kermesse. 	<ul style="list-style-type: none"> – Diffuse des contenus via différents outils numériques (<i>p.ex.</i> photos, vidéos) pour illustrer des principes scientifiques ou technologiques. – Utilise le TNI pour superposer des informations aux contenus présentés – Permet aux élèves d’utiliser leur téléphone intelligent pour s’inspirer avant la conception de leur planeur. 	<ul style="list-style-type: none"> – Utilise la robotique afin de rendre concret le MURA. – Diffuse des contenus via différents outils numériques (<i>p.ex.</i> photos, vidéos, animations) pour illustrer des principes scientifiques ou technologiques. – Utilise le TNI pour superposer des informations aux contenus présentés 	<ul style="list-style-type: none"> – Diffuse l’animation du compteur d’eau permettant l’analyse technologique et la contextualisation du problème de conception.

En synthèse, retenons que :

- Parmi les pratiques relatives à la contextualisation des problèmes de départ, les activités faisant appel à la conception technologique (3/4) ont particulièrement insisté sur l'explicitation des contraintes (des charges); des enseignants ont choisi de montrer des réalisations des années antérieures ou présenter une animation s'y référant. On comprend qu'il importe pour eux de rendre bien visible et appréhendable le problème de départ.
- La contextualisation par l'actualité ou la vie de tous les jours semble une piste empruntée par les praticiens. Il s'agit en substance de « rejoindre les élèves », pour reprendre les mots de Marc, en s'arrimant au concret ou encore au quotidien. De manière plus spécifique, il peut s'agir de présenter des artefacts bien tangibles, des éphémérides/anecdotes, des photos, des exemples, etc. qui permettent d'illustrer des principes scientifiques ou technologiques.
- Enfin, il est constaté que le numérique a occupé une place prépondérante au sein des pratiques de contextualisation (4/4 cas). Les exemples d'utilisation du numérique par les enseignants ou par les élèves ayant été fort abondants. Selon nos analyses, il s'agit d'un outil polyvalent qui permet d'avoir accès à une pléthore de ressources servant à illustrer différentes notions en fonction des besoins. Faire appel au numérique pour contextualiser les objets d'apprentissage apparaît désormais comme une déclinaison de pratique dont il serait difficile de faire l'économie pour mettre en œuvre les activités d'intégration en ST.

4.2.2 Des pratiques d'enseignement permettant l'exploration de savoirs disciplinaires et intégrés et le développement d'une connaissance des interactions ST

À titre de rappel, le second critère concerne les pratiques d'enseignement qui soutiennent le développement de compétences disciplinaires ou transversales chez les élèves ainsi que le développement d'une connaissance des liens qui permettent aux différentes disciplines de se rejoindre. En fonction des différents cas, trois catégories déclinent en fait les pratiques, soit celles ayant trait:

- aux contenus notionnels (les savoirs disciplinaires) et les liens ST;
- aux méthodes en sciences ou en technologie; et
- au développement de compétences transversales.

Le jeu de kermesse-Caroline (Apprentissages)

Pour Caroline, peu d'éléments de pratiques ont émergé quant à ce regroupement. Deux échanges ont néanmoins retenu notre attention. D'abord, l'enseignante constate que les interrelations ST ne sont pas

claires pour les élèves. Elle constate que bien des élèves ont une idée floue de ce qu'est la science, leurs représentations étant limitées aux sujets disciplinaires plus abordés dans le programme tels que la chimie et la physique. Si l'enseignante ne mentionne pas faire d'effort particulier, elle soulève que néanmoins il serait important qu'elle améliore cet aspect de sa pratique:

P : Je ne suis pas certaine. Et tu vois, ça me remet en question. Peut-être que je devrais porter attention à ça, et de faire le lien plus solide entre les sciences et la technologie. Mais au niveau de l'élève, je ne pense pas que ce soit si clair que ça. Eux autres ils font vraiment une séparation, je crois.

[Caroline, EI, 154-159]

Ensuite, Caroline mentionne se soucier des compétences disciplinaires, de leur développement et de leur évaluation. Par exemple, les attentes de l'enseignante en lien avec les compétences disciplinaires sont souvent communiquées aux élèves, notamment lors d'activités conduisant à une évaluation. Également, elle réfléchit au développement des compétences disciplinaires lorsqu'elle développe ses activités afin de s'assurer, pour citer l'enseignante, que la « matière pour que ce soit bien comprise ». En revanche, ces pratiques ne semblent pas partagées lorsqu'il est question des compétences transversales. La prise en charge est donc majoritairement en lien avec les compétences disciplinaires, et ce, bien que les compétences transversales soient aussi annotées au bulletin de fin d'année. L'enseignante mentionne cependant pouvoir se forger une opinion suffisamment précise au cours de l'année sans pour autant avoir à trop formaliser la démarche d'appréciation. Les propos de l'enseignante sur le sujet :

P : Les compétences disciplinaires je n'ai pas le choix de m'en occuper [...] Je leur dis toujours aux élèves en plus, quand ils sont évalués : ça, c'est votre compétence 1, ça, c'est votre compétence 2. C'est super important pour eux là ça. Ils sont très très au courant. Les compétences transversales, est-ce que l'élève est au courant de ça : pas pantoute. [...] Est-ce que je mets beaucoup d'accent là-dessus ? Non. Je ne mets pas d'accent là-dessus. C'est à la fin de l'année quand mon boss me dit : « faut que tu mettes une compétence transversale, n'oublie pas, c'est la fin de l'année, il reste un mois d'école. » [...] On ne le fait pas de manière trop consciente [...], mais quand je développe un travail, une activité, est-ce que je me pose la question : est-ce que je vais développer sa compétence transversale en faisant ça ? Je ne fais pas cet exercice-là. [...].

[Caroline, EI, 280-291]

Le planeur-Marc (Apprentissages)

Lors de la mise en œuvre de l'activité du planeur, Marc a fait usage de pratiques intéressantes en lien avec ce deuxième regroupement. En effet, il a d'abord fait usage de pratiques qui permettent de « nourrir » la démarche de conception technologique. Par exemple, lors de la phase de contextualisation, il a utilisé le numérique, notamment les fonctionnalités d'écriture du TNI, pour approfondir les savoirs

scientifiques plus abstraits (p.ex. la gravité, la portance, circulation de l'air sur une aile, la trainée) liés au projet afin d'en dégager des éléments de transfert pour la conception de leur planeur (voir, AS, section 1.3, Annexe V). Dans le même ordre d'idée, l'enseignant lors d'un autre cours a explicité « qualitativement » les variables inhérentes à certains principes scientifiques (c.-à-d. les équations) liés au vol afin de parvenir à cette même intention (voir, AS, section 2.1, Annexe V). Ces deux pratiques apparaissent des leviers intéressants pour favoriser le maillage entre les savoirs scientifiques et la démarche de conception technologique ainsi que le développement conceptuel inhérent à l'activité. Il semblerait d'ailleurs que ces pratiques aient un effet tangible chez les élèves puisque des réflexions intéressantes faisant appel à ces variables ont été observées chez les élèves (voir, AS, section 2.4, Annexe V-Exemple de la masse volumique des colles). L'extrait ci-dessous de l'entretien avec Marc revient sur l'importance de ces pratiques à l'intérieur de l'activité et rapporte un exemple intéressant de l'effet qu'il a observé de celle-ci sur les élèves:

P : [...] comme tu disais j'ai ciblé la variable de la masse, j'ai ciblé d'autres choses et je leur disais : « ça vous êtes capables de jouer là-dessus ». Ça aurait été plus facile peut-être de dire « ah, c'est la masse qui est importante et jouez juste sur la masse », mais je voulais leur montrer qu'il y avait de vrais concepts autour de ça et que nous on allait chercher juste des choses précises pour varier et essayer de performer si tu veux. [...] tu as vu [désigne une équipe qui pendant l'observation en classe effectuait de manière évidente plusieurs calculs pour élaborer leur planeur] il y en avait qui calculait, ça aussi ça m'a surpris un peu. Ça veut dire qu'ils les ont utilisés les fameuses formules [...]

[Marc, EF, 76-80]

Dans un autre ordre d'idée, il a aussi été mentionné par l'enseignant que l'utilisation de cahier d'activité n'est pas une pratique intéressante à mettre en œuvre de surcroît lorsqu'on aborde l'enseignement de ST avec des activités telles que celles du planeur. Les observations sur le terrain montrent que l'enseignant ne s'y réfère effectivement que très peu voire jamais. L'enseignant voit dans les pratiques qui ne font pas appel aux manuels scolaires une façon de rejoindre les apprenants pour qui la formation aux ST ne peut d'entrée de jeu se faire par une approche livresque et magistrale. Les propos de Marc à cet égard :

P : Moi, je me suis posé la question souvent et je me dis : on se restreint encore beaucoup avec les cahiers d'activités. Je n'ai rien contre les maisons d'édition, ils font un super travail. Mais ils ne peuvent pas faire tout le travail. Et toi tu es là pour ajouter [...] Moi, il m'envoie plus souvent les enfants difficiles pour les raccrocher parce qu'ils savent que je suis un gars pratico-pratique. [...] la culture des cahiers d'activités, moi je trouve ça horrible.

[Marc, EI, 380-384]

Enfin, il semble que de façon générale, Marc valorise et insiste davantage auprès de ses élèves sur les démarches en ST. Pour lui, vivre et apprendre à conduire lesdites démarches constitue l'objectif principal

de la formation aux ST, l'acquisition de contenus théoriques étant un objectif subsidiaire. La citation ci-dessous explicite bien ce noyau d'idées :

P: C'est sûr que moi je reviens toujours avec l'idée de la démarche... la démarche est importante plus que le contenu théorique. [...] mais d'avoir appris à faire face à un défi ou un problème, puis de faire une démarche, et de suivre un raisonnement, d'essayer, de construire, de recommencer, d'ajuster, pour arriver finalement avec un résultat qui te satisfait... moi c'est ce que je trouve qui est important pour eux et qui va leur rester probablement. Parce que les concepts que l'on enseigne, entre moi et toi, tu le sais, je pense que dans notre vie, on utilise à peine 10 % de ce que l'on a appris. Mais la mentalité et les habiletés, ça reste plus. D'ailleurs, je pense que c'est le but de nos cours [...]

[Marc, EF, 57-58]

Le laboratoire de robotique MRUA — Catherine (Apprentissages)

Le laboratoire de robotique MRUA n'a pas permis d'observer une vaste gamme de pratiques en lien avec ce critère, la durée de l'activité étant aussi plus courte dans le temps. Un élément de discussion avec l'enseignante a toutefois retenu notre attention. En fait, Catherine mentionne très clairement ne pas structurer l'enseignement/apprentissage de ses cours en fonction du développement des compétences disciplinaires. Celui-ci est aiguillé par les concepts prescrits et suit généralement la logique retrouvée dans le manuel de référence. Les propos de l'enseignante à cet égard :

P : Je vous dirais que la seule fois où l'on en entend parler [de compétences disciplinaires et de compétences transversales], c'est par l'université. De par les stagiaires et les travaux qu'ils ont à faire. Sinon, ici ce n'est pas quelque chose qui est, je dirais, dans notre langage courant.

C : Donc, vous diriez que vous travaillez davantage avec...

P : ...les concepts prescrits. Ceux que l'on a à voir et c'est ça. Ça ne veut pas dire qu'elles ne sont pas développées, mais ce n'est pas quelque chose que l'on réfléchit en tant que tel [...]

[Catherine, EI, 106-110]

Le compteur d'eau-Carole (Apprentissages)

L'activité du compteur d'eau n'a pas permis révéler beaucoup de pratiques qui se rapportent à ce critère. Un aspect discuté par l'enseignante a néanmoins retenu notre attention, notamment en lien avec les méthodes en ST. En effet, l'enseignante aborde son choix de privilégier un scénario de conception ouvert, c'est-à-dire qui permet de concevoir des prototypes différents, et ce, par comparaison avec l'utilisation d'une gamme de fabrication (qui est plus souvent privilégié par ses autres collègues enseignants).

L'enseignante voit en fait dans la gamme de fabrication une approche moins intéressante de la fabrication en atelier. Elle illustre la chose par la comparaison avec un autre projet d'intégration des ST, le moteur MIM, qui selon elle pourrait être revu sans faire appel à une gamme de fabrication :

P : Bien moi, quand j'ai du temps ou la possibilité de le faire, je patente. Je m'organise que les élèves travaillent. C'est sûr qu'en science c'est plus les labs, j'essaie de faire le style PEI. Mais en atelier, ça, le seul atelier que je me bats, je me fouette à vouloir suivre comme ça, parce que les autres collègues sont comme ça : c'est le MIM : moteur, interrupteur magnétique. Y'ont une gamme de fabrication à suivre à la lettre. Mais autrement là, n'importe quel projet techno, je dis aux élèves : « c'est ça que tu dois faire, organise-toi comme tu veux, mais faut que ce soit arrivé là ». Tu as tant de périodes, faut que tu te planifies en conséquence.

[Carole, EI, 81-85]

4.2.2.1 Pratiques permettant l'apprentissage de savoirs disciplinaires et intégrés et le développement d'une connaissance des interactions ST: analyse transversale de cas

Le Tableau 4.6 — *Synthèse des pratiques d'enseignement en lien avec l'apprentissage de savoirs disciplinaires et intégrés et le développement d'une connaissance des interactions ST* synthétise les résultats de chacun des cas présentés dans la section précédente. Bien qu'individuellement des pratiques d'enseignement aient pu être utilisées ou discutées par nos enseignants lors de la mise en œuvre des activités d'intégration, il ne semble pas se dégager un portrait convergent entre les cas étudiés. Les constats suivants émergent néanmoins de ce portrait :

- L'enseignement/apprentissage est envisagé dans une perspective où les élèves sont au cœur de ce processus. Cette perspective impose que l'enseignant facilite ou guide les élèves à l'intérieur de ce processus, ce qui invoque des pratiques moins « directe » (voir pratiques d'enseignement décrites en section 4.2.3)
- Le développement de compétences transversales n'est pas soutenu par des pratiques d'enseignement « intentionnelles ». Celui-ci est surtout envisagé comme un « corolaire » des activités mises en œuvre.

Tableau 4.6 — Synthèse des pratiques d’enseignement en lien avec l’apprentissage de savoirs disciplinaires et intégrés et le développement d’une connaissance des interactions ST

	<i>Le jeu de kermesse (Caroline)</i>	<i>Le planeur (Marc)</i>	<i>Le laboratoire de robotique-MRUA (Catherine)</i>	<i>Le compteur d'eau (Carole)</i>
Pratiques en lien avec les contenus notionnels et les liens ST	<ul style="list-style-type: none"> - Considère devoir aborder plus explicitement les liens entre les disciplines avec les élèves. - Communique ses attentes en matière de développement de CD - Réfléchit au CD lors l’élaboration de ses activités. 	<ul style="list-style-type: none"> - Utilise le numérique pour approfondir les savoirs scientifiques afin d’en dégager des éléments de transfert pour la conception technologique. - Explicite qualitativement des variables de formules pour dégager des éléments de transfert pour la conception. - Limite l’utilisation du manuel scolaire. 	<ul style="list-style-type: none"> - Planifie l’enseignement apprentissage/apprentissage autour des concepts prescrits. 	
Pratiques en lien avec les méthodes en ST		<ul style="list-style-type: none"> - Valorise l’apprentissage des démarches en ST. 		<ul style="list-style-type: none"> - Privilégie la conception ouverte à la gamme de fabrication.
Pratiques en lien avec le développement de compétences transversales	<ul style="list-style-type: none"> - Ne prend pas en charge de manière effective le développement et l’évaluation des compétences transversales. - Les élèves ne sont pas au courant du développement des compétences transversales. 			

- Bien que les enseignants mentionnent employer des pratiques d'enseignement qui ont trait au développement des compétences disciplinaires en ST, l'apprentissage des ST ne semble pas de manière effective engager des actions concrètes pour permettre leur développement au sein des activités étudiées. Le pilotage de l'activité des planeurs par Marc est le seul qui témoigne de pratiques concrètes faisant écho au développement de compétences disciplinaires en ST.

4.2.3 Des pratiques articulant des démarches ouvertes et centrées sur l'élève

Le troisième regroupement de pratiques concerne les pratiques d'enseignement déployées pour soutenir l'itinéraire des élèves à l'intérieur de démarches inhérentes au ST. Selon les données analysées, trois regroupements de ces pratiques ont été repérés parmi les cas à l'étude, soit :

- Pratiques d'enseignement permettant la régulation du degré d'ouverture
- Pratiques d'enseignement permettant l'accompagnement des élèves dans la démarche
- Pratiques d'enseignement soutenant l'engagement et la motivation des élèves

Le jeu de kermesse-Caroline (Démarches ouvertes)

Le dépassement des élèves est une préoccupation portée par Caroline. Elle estime à cet égard que le degré d'ouverture de l'activité pourrait avoir un impact significatif et qu'il serait pertinent de faire migrer l'activité vers davantage d'ouverture. En fait, selon ses observations, les élèves auraient tendance parfois à se limiter au minimum demandé pour ne pas aller au-delà de ce seuil. Lever les contraintes ayant trait au matériel ainsi qu'aux dimensions maximales du jeu de kermesse serait pour elle un moyen de les pousser à être plus ambitieux. Caroline explique dans l'extrait ci-bas sa pensée sur la chose :

*P : Je pense que ça ne leur donnerait pas du matériel obligatoire. **Je leur laisserais peut-être plus de liberté. Parce qu'en leur donnant du matériel à la base, il y en a beaucoup qui se contentent de ça et qui ne pousseront pas la machine comme je le disais tantôt. Il y en a qui se dit « ben c'est ça qu'elle me donne, et bien c'est ça que je vais prendre ». Alors, peut-être leur donner un peu plus de liberté par rapport à ça... et même au niveau des dimensions [...].***

*C : OK, donc on pourrait se permettre un peu plus d'ouverture dans le projet justement pour que **les élèves aient suffisamment de liberté pour qu'ils puissent laisser aller leur imagination et qu'ils...***

P : ... se dépassent encore un peu plus.

[Caroline, EF, 40-42]

Dans un autre ordre d'idée, des pratiques liées à l'accompagnement des élèves dans la démarche ont aussi été observées du côté de Caroline. Il semble important pour elle que les élèves aient en tout temps une idée précise des consignes à respecter ou encore de la direction à suivre. Ainsi les interventions qui

permettent aux élèves de pouvoir bien se situer dans l'activité (c.-à-d. le « j'en suis où », le « vers où je m'en vais ») sont fréquentes. Par exemple, Caroline a donné différentes directives oralement concernant les tâches à réaliser (voir AS, Sec. 1.1 et 3.1, annexe II). Dans la même veine, l'enseignante utilise des points de contrôle, en l'occurrence pour la validation des idées de jeux, pour s'assurer que les projets des élèves évoluent dans la bonne direction (voir AS, Sec. 1.2, annexe II). Ces points de contrôle sont des passages obligés où les élèves doivent faire valider auprès de l'enseignante les choix à opérer. Le fondement de cette pratique est bien explicité par Caroline. Selon ses propos, il importerait de recadrer les élèves pour tantôt les « pousser », c'est-à-dire de les amener à produire un projet plus ambitieux reflétant mieux leurs capacités, tantôt de les ramener vers un défi plus réaliste et adapté aux contraintes inhérentes à l'activité (p.ex. le temps disponible).

P : Mon défi c'est toujours d'avoir des jeux à la hauteur de ce qu'ils sont capables de faire. [...] Qu'ils soient fiers de leur jeu. Souvent ils arrivent : « regarde madame, ça marche au bout ». Quand ça ne marche pas, ils sont débâchés... Ils capotent ! « Madame, il marchait chez nous. Peut-être, mais quand tu achètes un jeu chez Walmart et que tu l'amènes chez vous, tu veux qui fonctionne encore. Moi aussi je veux qui fonctionne encore. Sont vraiment démolis. [...] ils ont travaillé fort. Mais en même temps, je veux dire, il faut que ça fonctionne. Ça fait partie des...
[Caroline, EI, 368-372]

Arriver à faire produire un artéfact fonctionnel aux élèves est donc un défi d'accompagnement, certes, mais également un ingrédient de l'engagement des élèves à l'intérieur de l'activité. La citation ci-bas explicite un cas de figure où l'enseignante a dû soutenir la motivation et le dépassement des élèves en modifiant « positivement » des charges de devis.

P : J'ai changé des trucs, j'ai donné certaines permissions en les justifiant devant la classe... Je te donne un exemple, il y avait une équipe qui est arrivée avec un projet très fort, avec deux moteurs... il était vraiment gros leur projet... ça leur a pris énormément de temps, mais ils n'ont pas respecté les dimensions [cahier de charges]. Alors ils sont venus me voir et m'ont demandé de pouvoir le faire un peu plus gros... j'ai jugé considérant la complexité du travail et la motivation de l'équipe, je leur ai accordé la permission de déroger de cette consigne. Je l'ai expliqué aux autres équipes [...].

[Caroline, EF, 37]

Les dérogations accordées ont donc été faites de manière transparente auprès des autres élèves de la classe, ce qui nous apparaît comme un choix et une pratique judicieux à déployer. Autrement, Caroline est aussi confortable à l'idée que le climat de classe soit parfois « agité » si cela est synonyme d'engagement de la part des élèves. L'enseignante cherche à sentir, par l'effervescence, l'engagement des élèves et à maintenir cet état-là tout le long de l'activité. Pour ce faire, elle implique beaucoup les élèves dans les

activités de la classe telles que le travail en équipe, la discussion entre élèves ou en groupe. L'extrait ci-dessous reprend la position de l'enseignante sur ce point particulier :

P : J'aime ça quand ils posent des questions. J'aime ça quand ils sont en action, mais qu'ils sont en action dans la bonne affaire. Tu sais, je veux dire, ce n'est pas grave s'ils sont en équipe et qu'ils sont bruyants, ça ne me dérangera pas s'ils sont en train de travailler sur ce qu'ils sont censés être en train de travailler. [...] Et là je dis à l'autre : « Ouvre ton iPad et cherche-nous ça. Quand tu l'auras, tu nous arrêteras et tu nous diras la réponse ». Fait que là, y'en a un qui cherche et moi je continue et à moment donné : « madame, je l'ai ! » C'est comme ça. Moi j'aime ça quand ils sont en action. Dynamique.

[Caroline, EI, 233-240]

Le planeur-Marc (Démarches ouvertes)

À l'instar de ses collègues, Marc emploie un grand nombre de pratiques relatives à l'accompagnement des élèves alors qu'ils sont engagés dans une démarche avec un certain degré d'ouverture. D'abord, plusieurs pratiques ont été observées de manière récurrente, notamment lors des cours en atelier. Celles-ci sont de l'ordre d'effectuer des rappels (des suivis) concernant le déroulement de l'activité (voir AS, toutes les périodes de la section 2, annexe V) et de circuler entre les équipes pour accompagner les élèves en fonction de leurs besoins (voir AS, toutes les périodes des sections 2 et 3, annexe V). Selon nos observations, ces pratiques occupent une majeure partie du temps de classe et des actions réalisées par l'enseignant. Il semblerait que ces pratiques soient au cœur de l'accompagnement qui est fait auprès des élèves. Dans un autre ordre d'idée, Marc respecte les idées par lesquelles les élèves souhaitent aborder le défi de conception. En effet, certains élèves sont plus « essais et erreurs » tandis que d'autres planifient davantage *a priori*. Ainsi, la conception et la fabrication se chevauchent très rapidement dans la mise en œuvre de l'activité. Marc explicite les raisons qui le motivent à accepter cela, notamment le fait que la démarche de conception technologique n'est pas linéaire dans la réalité et qu'il importe d'en tenir compte dans notre accompagnement des élèves :

P : Pour les plus actifs qu'ils ont besoin de bouger, tu as vu, ils sont déjà sur les outils. Eux, ils vont probablement faire plus d'erreurs peut-être parce qu'ils ont commencé trop rapidement. Je ne sais pas. On apprend par nos erreurs. L'autre volet aussi. Tu as les planificateurs qui planifient encore un peu parce que je disais qu'aujourd'hui ils pouvaient continuer à planifier. Faire le schéma de principes un peu. Et tu as les autres, les hyperactifs qui sont déjà en train de jouer avec des morceaux de bois, et ils ne savent pas trop ce que ça va donner [...] Là, ils vont être en conception et en bricolage deux cours à peu près et après, les essais.

Ils ont le droit d'essayer dans le corridor tant qu'ils veulent. Rentrer. Réajuster. On remonte, on refait [...]

[Marc, EI, 145-151]

C : [...] Est-ce difficile d'accompagner les équipes dans ces stades [la conception et la fabrication] qui se chevauchent constamment ?

*P : C'est sûr que oui. Ça fait de grosses périodes et on sort de là fatigué... notre local est quand même en deux parties, ce qui nous donne une chance. **Les machines-outils sont d'un côté et les tables de l'autre, donc tu sais que lorsque tu vas où les scies-tu accompagnes les élèves qui sont en fabrication et si tu reviens où les tables bien tu sais que tu vas aider certaines équipes à figurer leurs idées. C'est toujours comme ça. On n'est pas tous à la même vitesse et ça serait de les restreindre que d'attendre que tout le monde ait ses idées pour aller en fabrication. Alors, moi j'ai comme abandonné l'idée qu'il faut que tu aies toutes tes idées, tes schémas parfaitement faits avant de passer en fabrication. Ce n'est pas linéaire, c'est impossible.***

[Marc, EF, 100-101]

Marc aborde aussi une pratique qui a été observée lors de notre passage sur le terrain, soit le fait de parfois proposer des pistes de solution lorsque les élèves sont en panne sèche d'inspiration. L'idée n'est pas de proposer la solution complète, mais plutôt d'offrir une petite idée qui permettrait de « débloquer » la situation. Il peut s'agir également d'accompagner les équipes dans la réflexion suivant les mises à l'essai des planeurs. Par exemple, Marc a questionné les élèves afin de faire émerger des solutions possibles quant aux problèmes rencontrés lors des essais et a orienté les élèves vers les modifications à apporter (voir AS, section 2.9, Annexe V). Il est cependant important de respecter un certain dosage, c'est-à-dire d'en donner juste assez pour débloquer. Les citations suivantes décrivent la pensée de Marc à ce propos.

*P : Des fois oui. Ça peut arriver. Oui. **Parce que veut veut pas, des fois ils sont comme, plafonnés dans leur, ils sont juste en secondaire 3. Nous autres, avec l'expérience de vie qu'on a et tout ça, on a des idées qui peuvent [...]** Les guider finalement. Selon la petite théorie qu'on avait dite. Selon X, tu dois pas mal être proportionnel à Y. « Ah, c'est vrai, c'est vrai qu'il l'avait dit ». **On recadre un peu sans faire à leur place. On est des guides. On les accompagne et nous on est à côté. Mais, des fois on se trompe nous autres aussi [...]** je l'avoue à l'élève.*

[Marc, EI, 184-190]

*P : [...] **Mais de les amener à toujours vouloir plus et ajouter plus, et puis, si des fois si c'est nous qui donnons la petite idée c'est toujours bien eux qui l'appliquent et qui l'essaient. Des fois, ils font mieux que ce tu avais proposé. Moi j'aime ça beaucoup et je le fais toujours. Peut-être que ce n'est pas correct et qu'il faudrait toujours que les idées viennent d'eux, mais c'est là qu'ils vont stagner et qu'ils n'avanceront plus. Tandis que là j'ai l'impression de les débloquer...***

[Marc, EI, 100-108]

Ce même dosage est également présent pour l'accompagnement des élèves en atelier. En effet, selon nos observations, il est commun que l'enseignant accompagne ou plutôt donne des conseils quant aux manières de fabriquer les composantes des planeurs. Il prend soin de laisser la responsabilité aux élèves

de faire par eux-mêmes les manipulations (voir AS, section 2.2, 2.4, 2.6, 2.8, 3.2, Annexe V) afin qu'ils apprennent à utiliser les outils de l'atelier et à les manipuler de manière sécuritaire.

P : Moi, mon rôle, un des gros rôles que j'aie, je t'en ai jasé tantôt, c'est la sécurité [...] Moi je veille à ce qu'ils utilisent les outils. Leur apprendre à travailler correctement, de la bonne façon. Et s'il y en a un ou une qui ne sait pas comment utiliser l'outil bien on [avec la TTP] est là pour ça. On n'est pas là pour faire le projet à leur place. Ça, je trouve ça super important. Je trouve que ça ne sert à rien de leur demander de faire quelque chose et finalement : « ah ! je vais te faire ça ».

P : Non. C'est ça. Dans le fond, l'indépendance est importante et leur apprendre à travailler aussi. Si on fait tout à leur place, ils n'apprendront pas à travailler. [...] Je savais que ça marcherait, mais j'ai joué le jeu avec elle. Et elle a pris le décapeur et elle a chauffé le plastique pour former le nez de son planeur... elle était fière d'elle. Elle venait de faire une découverte. Et probablement qu'elle va la partager avec d'autres. [...] C'est vraiment son moment de gloire à elle et je l'ai accompagné là-dedans et je suis allé dans son idée et dans sa folie un peu.

[Marc, EI, 175-181]

Cette dernière citation révèle aussi que l'enseignant accompagne les élèves dans leurs idées, leurs propositions de techniques de fabrication, et ce, même si l'issue (positive ou négative) peut être connue d'avance. L'enseignant cherche ainsi à faire vivre des (petites) réussites aux élèves à travers l'activité, à travers la fabrication, ce qui agirait à ses yeux favorablement sur leur sentiment de compétence. Cela nous amène à aborder plus largement les pratiques d'enseignement qui permettent justement l'engagement des élèves. Pour Marc, la motivation des élèves est un élément important qu'il importe de soutenir par des pratiques à la hauteur du défi. Il avait d'ailleurs envisagé la chose comme son défi le plus important au départ :

P : La motivation des élèves. Ouais, parce que je m'étais préparé beaucoup et je me disais, à chaque cours, il faut que je sois un motivateur pour ne pas qu'ils lâchent, qu'ils veulent continuer... parce que veux, veux pas quand ils rencontrent des embuches des fois je me dis qu'ils vont vouloir lâcher et que le planeur ben [bruit signifiant le je-m'en-foutisme]. Alors, à chaque début de cours j'avais toujours un beau discours, mais je me disais que des fois je le faisais peut-être pour rien parce qu'ils [les élèves] sont déjà motivés... c'était bon, meilleur que ce que j'avais anticipé.

[Marc, EF, 24-26]

Pour les élèves, leur réussite face au projet repose sur une chose : est-ce que l'artéfact fonctionne ? Dès lors, bien que plusieurs élèves arrivent à produire des planeurs fonctionnels, il a été remarqué que l'enseignant signale néanmoins aux élèves que l'erreur est permise, qu'elle sera au rendez-vous et que c'est comme cela que l'on apprend lorsque l'on fait de la conception. Permettre l'erreur est un moyen de

ne pas décourager les élèves. Cela les prépare à vivre des échecs, ce qu'il considère comme une normalité des activités de conception et de la vie en général. Les citations ci-dessous explicitent ces idées :

P : C'est un petit défi en même temps aussi. S'il fait patate, ils vont tellement être déçus. Ils ont un petit défi de dire : « Ah OK ! Oui, faut que je construisse ça, mais faut qu'il vole, faut qu'il plane ». Puis là, si l'autre à côté il plane pas mal plus que le mien, woouu.

C : Le critère de réussite est assez évident pour eux autres. Il plane ou il ne plane pas.

P : S'il ne plane pas, mon dieu. [...]

[Marc, EI, 113-122]

C : À un certain moment, vous avez évoqué aux élèves que l'erreur allait être au rendez-vous, mais qu'il s'agit de quelque chose de normal dans le processus. Pourquoi avoir insisté sur ce point avec vos élèves ?

P : Pour qu'ils ne se découragent pas au moindre échec. Moi je dis toujours que c'est à force de persister, c'est à force de se tromper que l'on devient bon. On apprend plus de nos erreurs que si ça fonctionne tout de suite du premier coup.[...]. Une petite thérapie de réalité je dirais... au départ, ça me surprendrait que ça fonctionne tout de suite [...] parce que vous allez vivre des échecs et on en ressort plus fort.

[Marc, EF, 92-94]

Dans le même ordre, Marc a mentionné à quelques reprises que la construction du planeur est en fait un prétexte pour apprendre et qu'au final le caractère fonctionnel de l'artéfact aura un impact peu significatif sur l'évaluation globale de l'activité. Marc clarifie ainsi les points d'évaluation au cours du projet pour éviter le découragement, surtout le cas échéant où le planeur ne volerait pas.

P : [...] je l'ai dit encore que c'était juste un prétexte pour faire une démarche et que si ça ne volait pas, ce n'était pas grave et qu'ils peuvent avoir une bonne note malgré tout. [...] Je m'organise tout le temps pour clarifier ça tout le long de la démarche pour être sûr que ça ne crée pas des déceptions. [...] Alors, je garde toujours l'espoir, je dis « aller vous allez l'avoir, continuez à travailler, même si vous ne l'avez pas, travaillez votre cahier et je vais récompenser... » Le côté humain aussi, c'est important, je pense... on n'est pas là pour les faire couler, mais leur apprendre des choses.

[Marc, EI, 92-98]

Le laboratoire de robotique MRUA — Catherine (Démarches ouvertes)

Catherine a bien explicité le fait qu'il est parfois difficile d'encadrer les élèves lorsque la partie « créativité » est présente à l'intérieur de l'activité :

P : Ouais c'est ça effectivement. Ça dépend toujours. Des fois, tu as des projets très encadrés aussi que tu suis ta gamme de fabrication et que c'est facile... que tu arrives à la fin avec ton objet. Mais des fois c'est plus libre, plus ouvert... tu pars avec quelque chose à la base et après bon tu dois développer quelque chose [...] ce n'était pas évident quand tu as la partie créativité qui est là.

C : Donc, ça implique plus de temps et faut davantage les encadrer dans cette partie qui, étonnamment, est plus ouverte...

[Catherine, EI, 84-86]

Bâtissant sur cette prémisse, il est intéressant de constater que l'enseignante a employé justement des pratiques pour éviter les égarements possibles des élèves que génèrent parfois les projets plus ouverts. L'utilisation de supports (vidéo ou écrit) permettant l'explicitation de la démarche de programmation des robots nous apparaît comme un bon exemple de moyen utilisé par l'enseignante pour restreindre l'ouverture et l'égarerment qui en résulterait.

P : Le MRUA le robot va subir une accélération... alors ça c'est le premier document qu'ils vont avoir. Le but étant de déterminer l'accélération du robot, donc en se servant de sa position en fonction du temps. Pour ce faire, on leur donne un protocole. Ils doivent aller sur internet pour trouver la vidéo et faire ensuite la programmation du robot. [...] Puis, ils vont arriver à la fin, ils vont ouvrir la vidéo. Il y en a un qui écoute plus le vidéo avec des écouteurs... parce que sinon ça va être le bordel si tout le monde écoute la vidéo en même temps... ils doivent insérer des blocs à partir d'un menu en bas dans le logiciel... donc ils doivent s'organiser pour programmer le robot à partir des informations de la vidéo.

[Catherine, EI, 120]

P : [...] C'est sûr qu'on saute les étapes qui sont plus laborieuses qui ne sont que des petits tracés des trucs comme ça. Là, il est là ton graphiquement maintenant, fais-en l'analyse. C'est le but.

[Catherine, EF, 40]

Lors de la mise en œuvre des activités, plusieurs pratiques employées par l'enseignante ont été observées de manière récurrente lorsque les élèves étaient en travail. Celles-ci sont de l'ordre de circuler entre les équipes pour accompagner les élèves en fonction de leurs besoins (voir AS, toutes les périodes des sections 2.3, annexe VI). Par exemple, l'enseignante devait répondre à de nombreuses questions techniques portant sur le transfert des données du robot vers Excel.

Le compteur d'eau-Carole (Démarches ouvertes)

Au niveau des pratiques d'enseignement permettant la régulation du degré d'ouverture, Carole considère qu'amener les élèves à trouver « leur » propre solution peut être un défi. Cela dépend selon elle du degré d'ouverture de l'activité qui permet de choisir l'extrait de l'activité. Ainsi, un scénario tel que celui proposé

par l'activité du compteur d'eau dans lequel les élèves ont eu à produire des artéfacts différents serait préférable à un autre où les élèves produiraient le même objet.

P : [...] Le problème, il y en a juste 1 défi. Le problème, c'est que quand il y en a un qui a trouvé la solution, comme par hasard, ceux qui ne l'avaient pas trouvé, ils ont comme copié dessus.

C : Ils ont comme trouvé la solution.

P : Ils ont copié dessus. Le problème c'est que tant que le problème n'est pas résolu, tout le monde va être très original. À partir qui en a un qui l'a trouvé, c'est facile. Mais c'est pour ça que ça me tance ces projets-là similaires. Je suis plutôt contente quand c'est tous des projets différents, mais faut que toutes les jeunes embarquent.

[Carole, EI, 257-259]

Aussi, l'analyse synoptique met en exergue plusieurs pratiques d'enseignement qui sont employées pour accompagner les élèves à travers les différentes étapes de la démarche de conception technologique. Les plus récurrentes concernaient en fait la supervision du travail des élèves et le suivi du déroulement de l'activité. Ainsi, il a été observé que l'enseignante :

- Circule dans la classe pour accompagner les élèves en fonction de leurs besoins.
- Donne des directives oralement ou explique des tâches. L'enseignante partage beaucoup d'information à haute voix à la suite de questions individuelles des élèves (partage d'information au groupe)
- Effectue des suivis concernant le déroulement de l'activité.
- L'enseignante donne des stratégies ou des trucs généraux pour mieux répondre aux consignes du travail (*p.ex.* « en sciences, on écrit de petites phrases pour ne pas se perdre »)
- Propose des pistes créatives ou des manières de faire aux élèves dans l'impasse et accompagne les équipes dans la réflexion accompagnant le prototypage de leur compteur d'eau.

Carole revient sur le rôle de guide qu'elle doit occuper auprès de ses élèves. Tout comme ses collègues participants, elle donne volontiers des idées aux élèves pour les « débloquer créativement ».

P : [...] Je laissais le libre choix pour voir si les élèves étaient plus débrouillards. Non, ils ne sont pas plus nécessairement débrouillards. Faut vraiment les pistonner, les pister, leur donner beaucoup d'indices.

[Carole, EF, 42-44]

Enfin, lors de nos observations réalisées lors de la mise en œuvre de l'activité du compteur d'eau, il a été remarqué qu'à partir d'un certain moment (nombre de périodes), l'engagement et l'intérêt des élèves a décliné dans le temps (voir AS, section 2.11, Annexe VII). Revenant sur l'importance de l'engagement et de

la motivation des élèves, Carole mentionne que même les meilleures pratiques en la matière sont parfois insuffisantes pour motiver les élèves. Une partie repose sur la volonté des élèves et celle-ci ne sera pas toujours au rendez-vous :

P : Y'a une frontière que tu ne peux pas franchir; c'est leur volonté. [...] Y'a une volonté à moment donné et un choix qu'ils ont fait aussi.

[Carole, EI, 232-239]

4.2.3.1 Les pratiques articulant des démarches ouvertes et centrées sur les élèves : analyse transversale de cas

Le Tableau 4.7 — *Synthèse des pratiques d'enseignement articulant des démarches ouvertes et centrées sur les élèves* rapporte les résultats explicités dans la section. Quelques constats généraux émergent de la mise en relief des résultats provenant des différents cas étudiés.

D'abord, il est constaté que la plupart des participants ont une certaine sensibilité à offrir le bon degré d'ouverture pour leur activité. Les pratiques mises en œuvre dépendent cependant des objectifs sous-jacents. Par exemple, permettre le dépassement ou l'utilisation de la créativité nécessitera généralement plus d'ouverture. À l'inverse, lorsque l'on veut éviter l'égarage des élèves afin de les conserver plus directement sur les apprentissages ciblés, il sera dès lors préférable de privilégier des pratiques qui diminueront l'ouverture des activités. Nous ajouterons aussi que ces pratiques semblent aussi plus importantes chez les enseignants qui ont verbalisé un manque de temps généralisé dans les différentes sphères de leur profession. Ensuite, les pratiques d'accompagnement des élèves ont été abondamment mises en œuvre et déclinées par les enseignants. Selon nos observations, ces pratiques sont partagées par tous nos enseignants à différents degrés : l'accompagnement des équipes, le suivi du travail, la proposition de pistes de travail ou de solution, la mise en place de points de contrôle. Dans tous les cas, il s'agit de pratiques permettant aux enseignants de s'assurer que les élèves cheminent « positivement » à l'intérieur de leur activité afin qu'ils arrivent ultimement à bon port

Tableau 4.7 — Synthèse des pratiques d'enseignement articulant des démarches ouvertes et centrées sur les élèves

	<i>Le jeu de kermesse (Caroline)</i>	<i>Le planeur (Marc)</i>	<i>Le laboratoire de robotique- MRUA (Catherine)</i>	<i>Le compteur d'eau (Carole)</i>
Pratiques d'enseignement permettant la régulation du degré d'ouverture	<ul style="list-style-type: none"> - Ajuster le degré d'ouverture pour permettre le dépassement des élèves. 		<ul style="list-style-type: none"> - Module à la baisse le degré d'ouverture en l'explicitant de la démarche de programmation des robots (éviter l'égarment) 	<ul style="list-style-type: none"> - Ajuste le degré d'ouverture afin de permettre la conception d'artéfacts différents
Pratiques d'enseignement permettant l'accompagnement des élèves dans la démarche	<ul style="list-style-type: none"> - Donne des directives oralement ou explique des tâches - Utilise des points de contrôle pour suivre l'avancée des projets pour les recadrer au besoin 	<ul style="list-style-type: none"> - Effectue des rappels concernant le déroulement des activités. - Circule dans la classe pour accompagner les élèves en fonction de leurs besoins. - Accepte le chevauchement de la conception et la fabrication - Propose des pistes créatives ou des manières de faire aux élèves dans l'impasse 	<ul style="list-style-type: none"> - Circule dans la classe pour accompagner les élèves en fonction de leurs besoins. 	<ul style="list-style-type: none"> - Circule dans la classe pour accompagner les élèves en fonction de leurs besoins. - Donne des directives oralement ou explique des tâches - Propose des stratégies ou des trucs généraux pour mieux répondre aux consignes du travail (<i>p.ex.</i> « en sciences, on écrit de petites phrases pour ne pas se perdre ») - Effectue des suivis concernant le déroulement de l'activité. - Propose des pistes créatives ou des manières de faire aux élèves dans l'impasse
Pratiques d'enseignement permettant l'engagement des élèves	<ul style="list-style-type: none"> - Permet le non-respect de contraintes lorsque cela conduit à un dépassement des élèves. - Communique les décisions aux élèves de manière transparente - Tolère l'agitation lorsque cela est fonction de l'engagement des élèves. 	<ul style="list-style-type: none"> - Fait vivre des réussites aux élèves afin de développer le sentiment de compétence. - Communique sa tolérance face à l'erreur. - Clarifie les points d'évaluation pour éviter le désengagement (c.-à-d. faire n'est pas apprendre) 		<ul style="list-style-type: none"> - Respecte les limites des pratiques de l'engagement des élèves.

Enfin, les participants ont démontré une préoccupation importante quant à l'engagement et la motivation des élèves, multipliant les pratiques permettant d'agir positivement sur ce dernier volet. Des élèves qui se désengagent envers l'activité ne pourront apprendre. Les garder actifs et engagés au sein de l'activité est par conséquent primordial pour qu'ils puissent apprendre. Les moyens mis en œuvre permettent surtout d'éviter les pièges que les enseignants, par expérience, ont appris à éviter.

4.2.4 Des pratiques de régulation et d'évaluation des apprentissages inhérentes aux ST

Le quatrième et dernier regroupement a trait aux pratiques d'enseignement qui relèvent de l'évaluation et de la régulation des apprentissages inhérents aux activités d'intégration des ST. Cependant, les données colligées ont été fort limitées quant à ce regroupement de pratiques. En effet, il s'agit d'un objet qui a été peu abordé ou explicité par les participants ou encore observé directement sur le terrain. Les résultats qui en émergent sont par conséquent tout aussi limités. D'abord, la pratique la plus employée (Caroline, Marc et Carole), concerne la précision des attentes envers les élèves concernant l'évaluation des activités et de d'offrir des conseils aux élèves pour y répondre. Par exemple, Caroline, lors de l'étape de contextualisation, a pris quelque temps pour expliciter la stratégie d'évaluation ainsi que la grille d'évaluation afin que les élèves comprennent cette composante de l'activité.

Par la suite, Caroline et Marc ont ouvert sur deux aspects importants de l'évaluation en lien avec les activités d'intégration des ST. Pour Caroline, il importe de ramener les élèves vers l'essentiel de ces projets. Par exemple, il est plus important d'investir du temps et des efforts sur le système électrique du jeu que l'esthétisme de ce dernier. Elle effectue également un retour après l'activité pour détailler au besoin sa correction :

*P : [...] Le jeu est beau, il y a de la peinture, c'est esthétiquement beau, mais le système électrique est finalement un peu décevant. **Parce qu'à la fin je les ai tous rencontrés un par un pour leur expliquer ma correction et leur justifié où ils avaient perdu des points...***

[Caroline, EF, 70-74]

Quant à Marc, il détaille davantage la correction qu'il fait de son projet. Il a expliqué notamment que pour lui, la section dédiée aux réajustements est la plus importante à ses yeux, car c'est à cet endroit que se reflète le mieux la qualité ou l'approfondissement de la réflexion apportée par les élèves. Les essais ainsi que le planeur en tant que tel auront une pondération bien moindre dans l'évaluation de l'activité. Les propos de l'enseignant à cet égard :

P : [...] on a fait un survol des essais. C'est sûr que ce ne sera pas la grosse partie de la pondération. Je leur ai d'ailleurs dit, même je me demande si je ne le mettrai pas en bonus, j'ai déjà fait ça... Mais le cahier, avec la démarche, c'est là que je m'arrête à voir s'ils ont compris. [...] ensuite, les réajustements, je leur ai dit plusieurs fois, ça c'est la partie à laquelle je tiens beaucoup... quelles décisions ils ont prises et pourquoi, qu'est-ce que c'a apporté. Puis à la fin, à la dernière page, j'ai quand même aussi une belle réflexion [...] le début du cahier, ce qu'on a c'est que l'on a enseigné comme concepts en 3e secondaire à aller jusqu'au schéma de construction. Mais les réajustements et les propositions pour le prochain prototype, c'est de la généralisation que moi j'aime beaucoup. Je trouve que je vais chercher ce qu'ils ont en dedans et j'aime ça. [...]

[Marc, EF, 70-74]

Cette dernière section complète le chapitre de présentation des résultats issus de l'analyse de données. Le prochain chapitre propose une relecture interprétative de ceux-ci en fonction des cadres détaillées en début de thèse.

CHAPITRE 5

INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

Cette recherche a permis d'investiguer les activités mettant en œuvre de manière effective de l'intégration des ST. Le chapitre précédent a mis en lumière les résultats issus de la collecte de données auprès des cas retenus afin de comprendre différents aspects décrivant ces activités d'intégration de même que les pratiques d'enseignement qui ont appuyé leur déploiement en salle de classe. Dès lors, ce chapitre constitue l'essentielle interprétation de ces résultats en fonction du cadre conceptuel de référence, et ce, eu égard à la question de recherche. Les pages qui suivent contiennent un retour général sur les résultats émergents qui sont du même souffle mis en relief avec les éléments pertinents de la littérature scientifique.

5.1 Les activités d'intégration des ST : interprétation et discussion

Les cas d'activité d'intégration des ST ont été analysés par le prisme du cadre descriptif de l'intégration. Ce dernier cadre nous a conduits à décliner les activités en fonction de trois rubriques, soit les visées, la nature et l'ampleur ainsi que l'opérationnalisation de l'intégration des ST. L'interprétation porte par conséquent sur ces trois dernières rubriques.

5.1.1 Les visées de l'intégration des ST

Les résultats en lien avec les visées sont révélateurs quant aux intentions de formation qui aiguillent et animent les enseignants responsables alors qu'ils conçoivent et mettent en œuvre les activités d'intégration de ST. Parmi les visées proposées, le développement d'une culture scientifique et technologique occupe une place unanimement importante à l'intérieur des cas étudiés. Ce résultat fait écho à plusieurs appuis au sein de la littérature scientifique voulant que l'enrichissement de la culture scientifique et technologique soit au cœur de la formation aux ST y compris celle privilégiant une approche d'intégration aux ST (Albe, 2015; AAAS, 1994; Cajas & Gallagher, 2001; ITEA, 2000; Jones & Bunting, 2015; Moore et al., 2014; Pedretti & Nazir, 2011, 2015; Solomon & Aikenhead, 1994). Ce choix est entre autres motivé par le regard que portent les enseignants à l'égard de la vie réelle qui est porteuse de problèmes complexes et multidisciplinaires (Roehrig et al., 2021). Pour les participants, la mobilisation de cette culture constitue un levier important grâce auquel les élèves pourront vivre plus aisément une vie fertile et active en société (Margot & Kettler, 2019; Samson, 2010, 2014). Préparer les élèves en fonction de cette vie constituerait donc une fonction importante de la formation aux ST que les élèves seraient en mesure

de mieux développer par le truchement d'activités, car celles-ci assureraient justement un ancrage à des contextes ou problèmes réels (Gomez & Albrecht, 2013). Plusieurs chercheurs s'accordent d'ailleurs sur le fait que l'intégration des ST utilise des contextes réels pour engager les élèves dans des apprentissages authentiques et signifiants (Kelley & Knowles, 2016; Moore et al., 2014; Sanders, 2009). À notre avis, c'est ce désir cher aux enseignants de former les élèves davantage aux ST en adéquation avec la réalité contemporaine qui les incite le plus à entreprendre de telles activités avec leurs élèves. Il importe cependant de considérer la « forme » de culture scientifique et technologique privilégiée par lesdites activités.

Les résultats mettent en lumière le fait que la culture scientifique et technologique est surtout envisagée, par nos participants, selon deux perspectives complémentaires, soit la « mobilisation/réinvestissement » des connaissances apprises ainsi que, dans une moindre mesure, l'« acquisition » de différentes techniques et de principes ST fondamentaux. Ceci nous apparaît cohérent avec les généralisations dégagées par Honey et al. (2014) qui relevaient comme fondamentaux (pour la culture scientifique et technologique) la mobilisation des connaissances apprises et une familiarité avec des concepts de ST incontournables. En revanche, les activités seraient aussi un lieu propice au développement de « techniques » variées, ce qui nous apparaît moins bien pris en charge par les généralisations. Offrir un contexte d'activité proche de la vie réelle et du quotidien serait donc, pour le dire autrement, un moyen de préparer les élèves en prévision de la vie hors de l'école, et ce, en favorisant le développement d'une culture scientifique et technologique « opérationnelle » ou plutôt « utilitariste » pour reprendre le vocable de Barma et Guilbert (2006), dont une partie serait en fait composée des savoir-faire techniques.

Aussi, les résultats permettent de constater que les enseignants privilégient les activités d'intégration des ST, car celles-ci permettent d'avoir un impact positif sur l'engagement des élèves. Rappelons que les études actuelles tendent à avérer le fait que les élèves s'engagent davantage et plus facilement à l'intérieur de situations où les problèmes sont pertinents à leurs yeux et s'enracinent dans la vie de tous les jours (Bryan et al., 2015; VanTassel-Baska & Little, 2011; Venville, 2015). Pour reprendre les propos de Margot et Kettler (2019), les enseignants auraient l'impression « de donner vie » aux ST ce qui serait stimulant, motivant et engageant pour leurs élèves. Les enseignants mentionnent aussi des effets sur l'intérêt situationnel engendré par lesdites activités ainsi que d'autres effets sur leur sentiment de compétence, de fierté et la curiosité générale à l'égard des ST (Hill, 2007; Wilson & Mant, 2011a). Cette

perspective converge avec celle des études de Bennett et al. (2007) et de Margot et Kettler (2019) qui supportent aussi que la contextualisation, conjuguée aux activités intégrées, favorise des attitudes positives à l'égard des sciences à l'école. Il s'agit donc d'offrir aux élèves des expériences riches, susceptibles d'agir sur différents leviers « affectifs » tels que l'engagement, la motivation et le sentiment d'auto-efficacité.

Apprendre aux élèves à naviguer à l'interface des ST a été également une visée bien mise en exergue par les résultats de recherche. Il s'agit, pour reprendre les termes employés par nos participants, d'amener les élèves à « comprendre les liens entre ». Rappelons que la connaissance des interrelations entre ST est une condition importante pour une opérationnalisation qui permet une éducation aux sciences et à la technologie hybride (Honey et al., 2014; Jones, 2012; Jones & Bunting, 2013, 2015). Cette visée nous apparaît en effet essentielle, car résoudre des problèmes, dans les activités d'intégration tout comme dans la vie en général, c'est d'être habileté à aller puiser les ressources pertinentes dans les différentes disciplines, donc d'apprendre à s'affranchir des frontières traditionnelles afin de résoudre différents problèmes complexes (Barma & Guilbert, 2006; Beane, 1997; Rennie, Wallace, et al., 2012). À cet égard, les activités de conception technologique ont été plus fortement sollicitées pour faciliter cet apprentissage de la « connectivité » des différentes disciplines, ce qui est aussi cohérent avec des études récentes qui ont été faites à l'international à l'égard des effets du design technologique (Margot & Kettler, 2019; Siverling et al., 2019).

Aussi, il semblerait qu'une visée inhérente aux activités d'intégration serait en fait de préparer les élèves en prévision de l'épreuve du ministère qui comporte une tâche d'analyse technologique. Cette visée a nécessité l'ajout d'une catégorie « Réussite scolaire des élèves » au cadre d'analyse initial qui ne prévoyait pas cette éventualité et qui ne correspondait guère à celles existantes. Nous ajouterons qu'au sein de la littérature, l'alignement des activités d'enseignement en fonction des épreuves évaluatives a surtout été décrit comme un frein à l'opérationnalisation de l'intégration des ST alors qu'ici, il agit davantage comme un motif favorable supplémentaire (Morgan, 2016; Venville, 2015). Il apparaît clair que favoriser la réussite des élèves aux différentes épreuves scolaires demeure une préoccupation importante des certains enseignants, qui demeure bien présente alors qu'ils mettent en œuvre des activités l'intégration des ST. Cependant, cette visée pourrait également engendrer des effets contraires si les modalités de l'épreuve

de fin d'année devaient éventuellement changer de manière à en retirer les aspects du programme liés à la technologie. Il s'agit donc d'un « levier » à considérer avec une prudence certaine.

Enfin, les visées ayant trait au développement de compétences transversales ainsi qu'à la préparation aux études postsecondaires ou au marché du travail, qui ont été proposées par la synthèse initiale de Honey et al. (2014), se sont avérées, au final, moins importantes au sein des cas étudiés. En ce qui a trait aux compétences transversales, les résultats tendent à démontrer que cette visée est surtout envisagée comme des « corolaires » d'apprentissages, c'est-à-dire sans que la prise en charge soit formellement réfléchi et planifiée. Les observations réalisées sur le terrain révèlent que plusieurs de ces compétences telles que la collaboration, la résolution des problèmes et l'utilisation du numérique ont effectivement pu être mises en œuvre par les élèves dans les différentes activités. À nos yeux, ce résultat est le reflet, comme le remarque Venville (2015), du statut académique de ce registre de savoirs qui apparemment demeure, aux yeux de plusieurs, d'une valeur moins élevée que les savoirs disciplinaires. Ces savoirs sont également plus durs à évaluer en contexte scolaire et les enseignants possèdent moins d'expériences antérieures pour appréhender cette tâche (Rennie, Venville, et al., 2012b). Du chemin reste par conséquent à franchir quant à la valorisation de ces savoirs et aux manières par lesquelles les prendre en charge formellement à l'intérieur d'activités analogues. Quant à la préparation aux études postsecondaires ou au marché du travail, les résultats montrent que les activités d'intégration des ST peuvent servir à définir les possibles en matière de carrières relatives aux ST. On comprend donc que derrière la mise en œuvre d'activités d'intégration des ST se greffent des intentions très pragmatiques de « faire connaître » des profils de carrières technoscientifiques (Bagiati & Evangelou, 2015), mais qu'il ne s'agit pas pour nos activités d'une visée centrale comme le serait par exemple des initiatives typiques issues du courant STIM (NRC, 2009a; Roehrig et al., 2021).

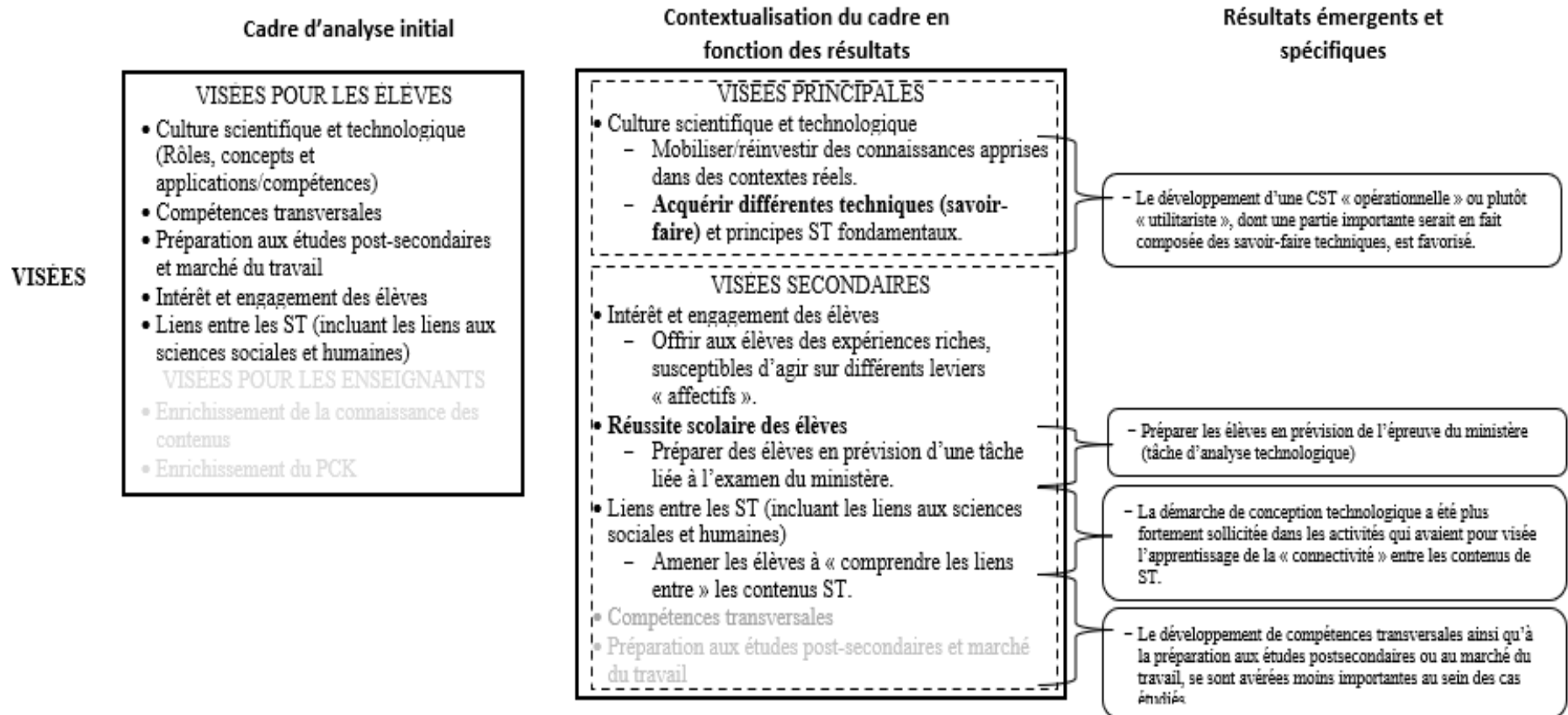


Figure 5.1 — Synthèse des résultats et des apports spécifiques de la thèse en lien avec les visées de l'intégration des ST

En synthèse (voir Figure 5.1 — *Synthèse des résultats et des apports spécifiques de la thèse en lien avec les visées de l'intégration des ST*, les visées qui animent les activités d'intégration des ST étudiées nous apparaissent au final mieux comprises. Il s'agit en substance d'engager les élèves dans des contextes proches de la vie réelle, qui les amènent essentiellement à résoudre des problèmes à l'intérieur desquels ils auront la possibilité d'appliquer différents principes scientifiques et technologiques fondamentaux, mais surtout des savoir-faire variés. Les élèves apprennent dès lors « par la pratique », dans des contextes authentiques, ce qui serait propice au développement d'une culture scientifique et technologique. Celle-ci aurait par conséquent une certaine « transférabilité » dans les activités de la vie quotidienne. Ce passage par le réel serait également un moyen de catalyser l'engagement des élèves dans les activités de ST tout en mettant en place un « raccord » assurant la préparation de ces derniers à l'épreuve ministériel de fin d'année.

5.1.2 La nature et l'ampleur de l'intégration des ST

Les résultats en lien avec la nature et l'ampleur de l'intégration permettent de constater la composition des noyaux d'intégration mis de l'avant par les activités d'intégration des ST ainsi que les manières par lesquelles ces derniers noyaux ont été constitués. En effet, un grand nombre d'éléments disciplinaires ont été mis en commun par les activités, notamment des savoirs, des techniques et des démarches inhérents aux ST. Selon notre interprétation de ces résultats, les activités de conception (c.-à-d. le jeu de kermesse, le planeur, le compteur d'eau) étaient davantage de l'ordre de l'interdisciplinarité, car les contenus et les pratiques provenant de différentes disciplines étaient connectés entre eux par des problèmes technologiques (Barma & Guilbert, 2006; Fourez et al., 2002; Rennie, Wallace, et al., 2012; Vasquez et al., 2013). L'activité de résolution de problème (c.-à-d. le laboratoire de robotique MRUA) était quant à elle davantage de l'ordre de la pluridisciplinarité étant donné que l'appartenance de chacune des disciplines était encore bien circonscrite et intacte (c.-à-d. la physique et la robotique (technologie)) (Vasquez et al., 2013). Les contenus et les pratiques disciplinaires étaient tournés vers un objectif commun, soit d'approfondir la compréhension des élèves portant sur un thème scientifique commun (c.-à-d. le MRUA et ses représentations). À notre avis, c'est le niveau de « réalisme » des problèmes ou des contextes de départ qui ont nécessité de moduler ici le niveau d'intégration : les problèmes de conception étaient plus concrets et proches de la réalité que pouvait l'être celui faisant appel à la robotique. Ainsi, lorsque nous sommes dans de l'application des notions apprises dans le concret, la technologie devient plus apparente, car celle-ci est justement plus proche « de la vraie vie » pour paraphraser les propos d'une de nos participantes. Dans tous les cas, ce niveau d'intégration était cohérent avec les intentions pédagogiques

poursuivies par les activités. Pour le dire autrement, l'intégration choisie était adaptée aux visées retenues par les activités. Ceci converge avec la perspective décrite par Rennie, Wallace et al (2012) à l'égard de l'efficacité des activités intégrées qui doit surtout être déterminée en fonction des visées et offrir une mise en œuvre de l'intégration en cohérence avec celles-ci.

Aussi, les résultats ont mis en exergue le « quoi » de ce qui a été intégré par les activités. À titre de rappel, Honey et al. (2014) ont proposé trois articulations possibles de ces éléments, notamment de rattacher des concepts entre eux provenant de plus d'une discipline, de combiner un ou des concepts disciplinaires à une ou plusieurs démarches associées à une autre discipline ou encore de conjuguer des démarches provenant de disciplines différentes. Les résultats montrent que la combinaison « démarche(s) + savoirs » a été celle privilégiée par les activités étudiées. Concernant le pôle « démarche » de cette combinaison, différents constats sont ici pertinents de relever. D'abord, les activités ont été structurées autour d'une démarche afin que les élèves, en la « vivant », s'en approprient le fonctionnement. Que cela concerne les sciences (Fourez, 2002b) ou encore la technologie (Brown & Brown, 2010; Cajas, 2001; Jones et al., 2013), il est primordial que les élèves comprennent bien les démarches qui sont au cœur des méthodes et des pratiques technoscientifiques. À notre avis, les activités d'intégration ont constitué d'intéressants véhicules pour que les élèves fassent des apprentissages pertinents à cet égard. Aussi, les problèmes de conception technologique ont été majoritairement choisis parmi les cas étudiés. La démarche qui s'y rattache s'est avérée favorable à la constitution de noyaux d'intégration, ce qui a été aussi relevé par de nombreuses autres études (Bryan et al., 2015; Honey et al., 2014; Margot & Kettler, 2019; Pedretti & Nazir, 2011; Roehrig et al., 2021; Roth, 2001; Roth et al., 2001; Sanders, 2009; Siverling et al., 2019). Comme évoqué antérieurement, les problèmes de nature technologique sont concrets, proches du réel et permettent une application des savoirs, ce qui facilite le couplage entre sciences et technologie (Jones, 2012; Moore et al., 2014). Quant au pôle « savoirs », ceux-ci ont concerné un large spectre de savoirs technologiques et scientifiques. Ces derniers ont été surtout invoqués en fonction de leur pertinence eu égard à la nature du problème/défi de départ ce qui n'est pas sans rappeler qu'en intégration ce sont surtout les problèmes ou les contextes qui guident la sélection des savoirs et non l'inverse (Beane, 1997). Aussi, lorsque les savoirs (scientifiques ou technologiques) ont été accolés à la démarche de conception technologique, ceux-ci ont apporté une profondeur à la réflexion soutenant la conception des artéfacts. Dans ces cas de figure, il est intéressant de mentionner que les savoirs ont été présentés aux élèves comme des leviers ou des outils conceptuels auxquels ils peuvent potentiellement faire appel dans leur résolution

de problème (Roehrig et al., 2021). Les savoirs ont donc été balisés par les enseignants au départ, mais les élèves les auront utilisés en fonction de leur besoin ; cela a dépendu du chemin choisi par les élèves pour répondre au problème de départ ce qui n'est pas sans rappeler le caractère « idiosyncratique » des apprentissages propres aux activités intégrées (Venville, 2015). Toutefois, cela soulève à notre avis des questions importantes quant à la construction formelle de savoirs qui devrait d'ordinaire accompagner la mise en œuvre de démarches en ST, préoccupation également partagée par Perron et al. (2020) pour la démarche analogue d'investigation scientifique. Ce point de discussion sera davantage abordé en section 5.2.2 concernant les pratiques d'enseignement qui ont permis l'exploration et l'acquisition de savoirs par les élèves.

Par ailleurs, parmi les liens possibles entre les ST, les résultats ont montré qu'un pan important de ceux-ci provient de « techniques » relatives à la technologie. Les techniques les plus touchées ont été surtout de l'ordre de la fabrication, du langage des lignes (c.-à-d. dessin technique) ainsi que de la robotique. À notre connaissance, ce résultat n'a guère été explicité au sein de la littérature et s'est pourtant avéré un élément émergent dont l'importance a été notable pour nos praticiens, notamment au niveau des pratiques employées durant la mise en œuvre des activités. Connaître le fonctionnement des machines-outils, le fonctionnement des robots ou de l'interface de programmation ainsi que de différentes techniques de fabrication ou de représentations graphiques, s'avèrent des connaissances abondamment employées par les enseignants alors qu'ils développent et mettent en œuvre les activités. Il est estimé que l'impact de ces savoir-faire sur la mise en œuvre de l'intégration des ST a fait surface parmi les cas étudiés et, par conséquent, est à mieux considérer pour le déploiement d'activités du même ordre.

Autrement, il est constaté que les activités d'intégration des ST n'auront pas réellement permis de toucher la dimension sociale de la formation aux ST dont font à titre d'exemple la promotion des approches STS et les « éducations à ». En effet, bien que décrivant des problèmes concrets et authentiques, les activités n'auront pas permis d'approfondir de manière effective la relation des ST ou leurs applications avec des enjeux plus vastes, notamment sociaux. Selon les propos de Rennie, Venville, et al. (2012a), les savoirs employés pour éclairer des contextes ou problèmes locaux doit aussi permettre de remonter à des enjeux plus globaux et sociaux. Or, cela doit minimalement être supporté par des mesures ou des pratiques permettant de faciliter cette remontée vers le global. La faible voire l'absence de prise en charge des DGF à l'intérieur des activités est un bon exemple de caractéristiques qui influent négativement sur le

déploiement de ce volet de formation. Ainsi, il y a fort à parier que les élèves repartent avec une compréhension de la connectivité des domaines se limitant aux liens possibles entre sciences et technologie, sans les connexions plus vastes que celles-ci entretiennent avec la société (Pedretti & Nazir, 2015).

Autrement, la mise en commun des résultats liés à l'emphase disciplinaire des activités permet de constater que le juste traitement entre les contenus de sciences et de technologie est plus rare, mais possible. Lorsque l'emphase disciplinaire était déséquilibrée (c.-à-d. laboratoire de robotique MRUA), il s'agissait parfois de cas où certains contenus (technologiques ou scientifiques) n'étaient pas prescrits par le programme s'y rattachant ou encore que le contenu est prescrit à une autre année. À notre avis, cela démontre qu'il est réalisable d'offrir des activités « balancées » en termes de contenus, mais que cela peut s'avérer plus difficile à faire retomber dans la réalité, considérant entre autres l'aspect limitant que peut parfois constituer l'arrimage au curriculum (Margot & Kettler, 2019). Également, il a été observé dans la littérature que la technologie servait fréquemment de contexte à l'enseignement et l'apprentissage de notions scientifiques et que, ce faisant, cela affecte négativement la portée des apprentissages réalisés à la fois en sciences et en technologie (Jones, 2012; Jones & Bunting, 2015). Or, parmi nos différents cas à l'étude, la prise en charge des contenus liés à la technologie a été plus importante que celle liée aux sciences, et ce, en raison de la démarche de conception technologique qui faisait pencher différemment la balance. À notre avis, cette situation n'est pas davantage préférable et il reste à comprendre comment mieux calibrer l'intégration des ST sans qu'un traitement trop polarisé vers une discipline s'installe et se fasse au détriment de l'autre.

Enfin, les initiatives d'intégration en ST ont été déclinées en fonction de variables telles que la durée, la dimension et la complexité de l'intervention intégrée (Honey et al., 2014). Tout comme Rennie, Venville et al. (2012a), il est estimé que ces variables ont constitué des préoccupations importantes pour les participants et qu'elles jouent ainsi un rôle de premier plan sur la réussite des activités d'intégration. Celles-ci servent de balises pour la réflexion en amont de la préparation d'une activité d'intégration des ST. La première balise concerne la durée et les résultats ont montré que celle-ci pouvait être très variable d'une activité à l'autre, mais qu'il y avait généralement une cohérence entre les intentions pédagogiques et la durée des activités. Règle générale, plus ambitieuses étaient les intentions, c'est-à-dire plus elles concernaient de cibles d'apprentissage, et plus du temps a été fourni pour y parvenir. Ainsi, les impératifs

en termes de visée doivent être considérés et peuvent servir d'étalon pour évaluer *a priori* le temps que devrait être accordé à chaque activité, mais il s'agit d'une tâche qui se veut difficile à réaliser même pour des enseignants d'expérience.

La seconde balise concerne les personnes qui gravitent autour des activités d'apprentissage et qui appuient leur mise en œuvre. En fait, les résultats montrent que relativement peu de personnes ont été nécessaires (*p.ex.* TTP, enseignante experte, parents), mais l'apport de chacune d'elles a été généralement très important. Cela converge avec l'étude de Rennie, Venville et al. (2012a) qui observe aussi qu'un relativement petit environnement d'apprentissage, c'est-à-dire composé de peu d'acteurs, est une caractéristique ayant un impact favorable sur le « succès » des activités d'intégration. En revanche, cette dernière étude ainsi que d'autres (Asghar et al., 2012; Wang et al., 2011), considèrent la collaboration uniquement sous l'angle des rapports avec d'autres enseignants, c'est-à-dire sans tenir compte de l'apport d'autres collaborateurs ou partenaires potentiels. Or, bien que soit aussi relevée la contribution significative d'enseignants (*c.-à-d.* laboratoire de robotique MRUA), ce serait surtout le rôle crucial joué par les TTP qui a été nécessaire dans l'opérationnalisation de tous les cas à l'étude que nos résultats ont mis en lumière. La présence de cette dernière ressource prend donc toute son importance puisqu'elle favorise à différents égards l'ampleur des activités d'intégration

La troisième balise concerne l'environnement dans lequel se déroulent les activités d'intégration. Les résultats ont à cet égard montré l'importance d'un environnement dédié, notamment une classe-atelier ou son équivalent (*p.ex.* laboratoire de robotique). Sans que cela soit une condition d'opération *sine qua non*, il est certain que l'accès ou non à l'un de ces locaux influence l'ampleur de l'intégration pouvant

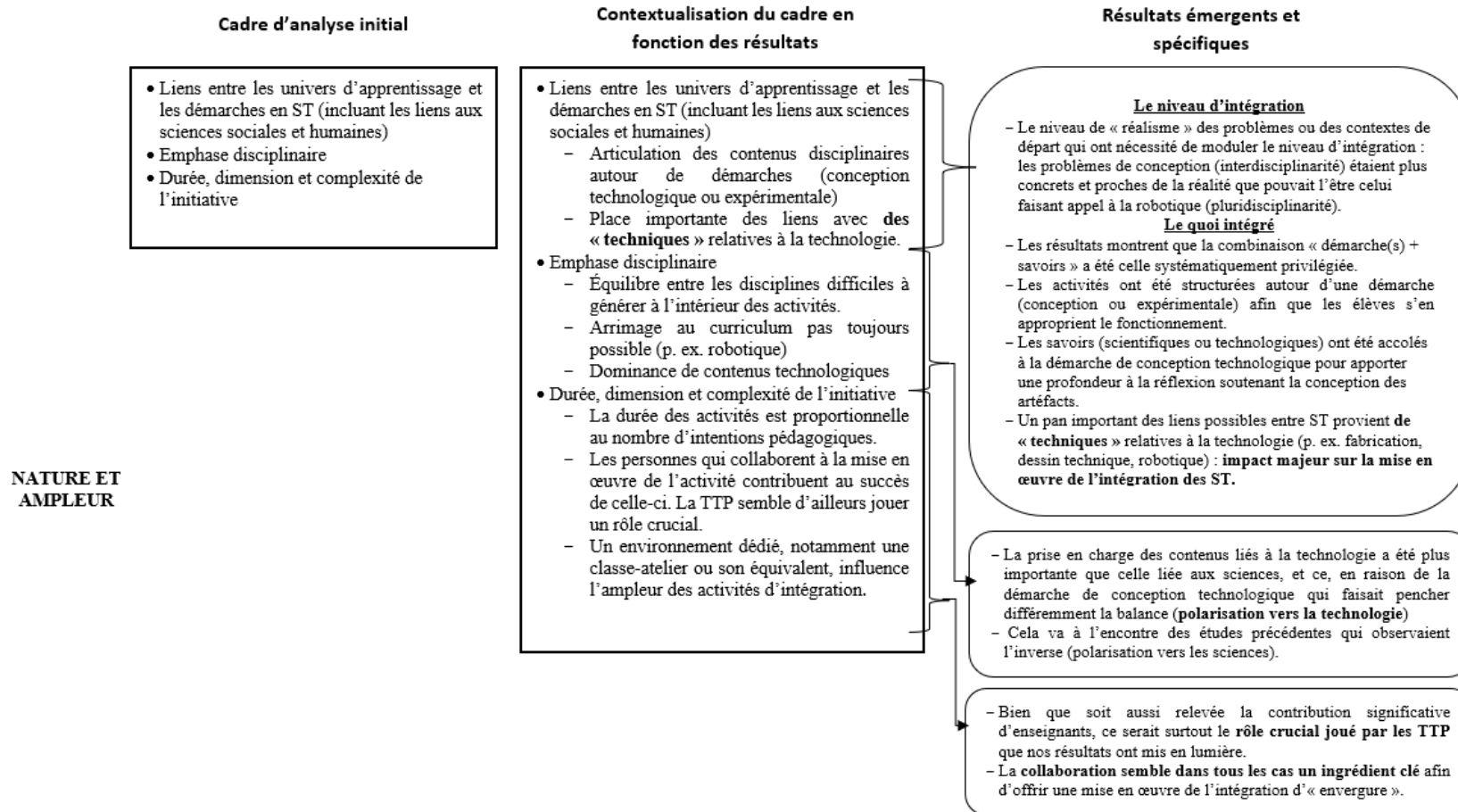


Figure 5.2 — Synthèse des résultats et des apports spécifiques de la thèse en lien avec la nature et l'ampleur de l'intégration des ST

être envisagée. Cela contribue à la stabilisation de l'environnement d'apprentissage sur le plan matériel (*c.-à-d.* travailler dans le même environnement) et a des répercussions sur les possibilités envisageables en matière d'activités (*c.-à-d.* la fabrication, choix de matériaux, etc.) ce qui fait aussi écho aux extraits de l'étude de Rennie, Venville et al. (2012a).

En synthèse, la Figure 5.2 — *Synthèse des résultats et des apports spécifiques de la thèse en lien avec la nature et l'ampleur de l'intégration des ST* permet de préciser les apports au cadre d'analyse en fonction des différents résultats précisés dans la présente section. Cette même figure permet également de mettre en relief les résultats qui se sont révélés inédits ou encore qui apportent des nuances importantes aux constats des études antérieures.

5.1.3 L'opérationnalisation de l'intégration des ST

Les résultats en lien avec cette rubrique ont mis en lumière l'emploi de deux approches pédagogiques au sein des activités d'intégration, soit l'approche par problème (*c.-à-d.* le laboratoire de robotique-MRUA) et, majoritairement, l'approche de design/conception technologique (*c.-à-d.* le jeu de kermesse, le planeur et le compteur d'eau). Force est de constater que la littérature évoque aussi l'emploi de ces approches comme des mises en œuvre particulièrement propices à l'intégration des ST (Bryan et al., 2015; Pedretti & Nazir, 2011; Rennie, Venville, et al., 2012a; Roth, 2001; Sanders, 2009; Sherman et al., 2009; Venville, 2012, 2015; Venville et al., 2012). Il a été constaté que ces approches permettent de mettre en place différentes conditions pédagogiques qui résonnent avec les principes véhiculés par l'intégration des ST. Ces dernières conditions ont permis en fait de faire un pont plus aisément entre des contenus assez variés (savoirs, techniques, démarches) et de le faire autour d'un projet concret, tangible et pertinent pour les élèves.

Plus spécifiquement, en fonction de nos résultats, il est remarqué que les approches pédagogiques décrites partagent certaines caractéristiques ou certains principes qui apparaissent favorables à l'apprentissage des ST dans une perspective d'intégration, soit des activités qui :

- décrivent des contextes concrets, engageants et motivants pour les élèves (Kelley & Knowles, 2016; Pepper, 2015);
- exposent des problèmes de nature technologique (conception) ou scientifique (expérimental) et en suggèrent la résolution (Hill & Smith, 2005; Honey et al., 2014; NRC, 2000);

- intègrent de contenus scientifiques et technologiques (Roehrig et al., 2021)
- permettent aux élèves de vivre et d'apprendre de démarches à l'intérieur desquelles des remises en question sont possibles (c.-à-d. processus cyclique), où ils apprennent à partir de leurs erreurs et proposent des solutions/améliorations en cohérence (Moore et al., 2014; Venville, 2015);
- emploient du matériel pédagogique structuré et adapté aux démarches de résolution de problème (Eberbach & Hmelo-Silver, 2015);
- mettent l'emphase sur le travail en équipe (Gijbels, 2003); et
- invitent à des pédagogies centrées sur les apprenants où les enseignants accompagnent les élèves (Eberbach & Hmelo-Silver, 2015; Moore et al., 2015).

Ces dernières nous apparaissent comme des leviers importants à la mise en œuvre de l'intégration des ST. Par ailleurs, il est constaté que c'est l'effet synergique produit par la réunion de plusieurs de ces caractéristiques qui est recherché plutôt que leur emploi en silo (Moore et al., 2015). Il apparaît donc probable que d'autres approches telles que l'approche thématique, l'approche par projet ou en encore l'approche communautaire puissent également être employées pour mettre en œuvre l'intégration des ST, à partir du moment qu'elles mettraient de l'avant différents principes énumérés ci-haut.

Parallèlement, il va sans dire que les dispositifs décrits précédemment impliquent une transition pédagogique importante pour les enseignants (CSÉ, 2013; Rennie, Venville, et al., 2012a). Il s'agit en fait de faire reposer davantage de responsabilités sur les épaules des élèves quant à leurs apprentissages, ce qui est aussi nommé la pédagogie « centrée sur l'élève » (Lesseig et al., 2016; Park et al., 2016). Cette perspective diffère des pratiques d'enseignement traditionnelles axées sur l'enseignement magistral, la mémorisation d'information ou encore l'utilisation des manuels scolaires (Hasni, 2011b). Or, cette transition pédagogique implique de négocier avec différentes contraintes; certaines d'entre elles ont été palliées avec des supports décrits ultérieurement. Selon les résultats présentés, ces dernières contraintes étaient surtout d'ordre organisationnel, temporel et programmatique.

Concernant le premier volet organisationnel, il s'avère que l'environnement même dans lequel travaillent les enseignants peut être, dans une certaine mesure, un frein à l'intégration, car celui-ci rend laborieuse la mise en œuvre des activités. En substance, nos participants ont mentionné vivre différents problèmes

quant à l'accès ou la disponibilité de locaux dédiés (*p.ex.* laboratoire de technologie), la gestion de matériel (*p.ex.* disponibilité des matériaux, accès aux outils) ainsi que la disponibilité de budgets (*p.ex.* réutilisation des composantes, optimisation de ressources entre enseignants, etc.). Les enseignants semblent également se rejoindre quant à la « lourdeur » apparente des programmes de ST et la (sur)charge de travail qui rendent fort difficile la gestion du temps au quotidien. Ces constats sont convergents avec ceux d'autres études qui ont aussi observé des défis structureaux, organisationnels et temporels du même ordre (Margot & Kettler, 2019). Il est constaté que ces freins concernent surtout l'enseignement de la technologie, car celle-ci est plus dépendante des infrastructures (*p.ex.* laboratoire de technologie) ainsi que des ressources nécessaires (*p.ex.* matériel, outils, trousse de robotique) pour être déployé adéquatement (Rennie, Venville, et al., 2012a; Wang et al., 2011). La mise en œuvre du volet technologie demeure aussi perçue par les enseignants comme « la surcharge » pour laquelle ils doivent « prendre du temps » (Gauthier, 2011). Ainsi, le risque demeure grand à l'effet que l'enseignement de contenus technologiques demeure dans une position que l'on pourrait qualifier de précaire.

En revanche, les enseignants se sont montrés réalistes et ont fait preuve de créativité afin de trouver des solutions à ces derniers écueils. En effet, plusieurs supports à l'enseignement ont été relevés dans les différents cas à l'étude. Parmi les supports identifiés, les milieux, où la coordination entre enseignants ou d'autres membres de l'équipe pédagogique a été présente et mieux réussie, semblent avoir été plus favorables à l'élaboration et à la mise en œuvre d'activités de cet ordre (El-Deghaidy et al., 2017; Rennie, Venville, et al., 2012a). Dans la même veine, ces mouvements de mise en œuvre et de développement ont été grandement facilités à la base par une reconnaissance officielle et administrative (c.-à-d. moments mis à l'horaire, reconnaissance de temps par la direction) de moments de coordination, de planification, de développement et, le cas échéant, de formation qui ont précédé le développement des activités (Rennie, Venville, et al., 2012a). Il s'agit d'une disposition revendiquée par les enseignants depuis fort longtemps (Gauthier, 2011) et, lorsque mise en place à différents degrés, des retombées positives sont observables comme en témoignent les cas étudiés. Nos résultats révèlent donc que l'investissement peut être « rentable » et que des effets tangibles sur le plan de la mise en œuvre de l'intégration sont observables. D'ailleurs, l'apport de plusieurs membres de l'équipe pédagogique a été souligné, dont les plus importants ont été :

- TTP : formation des enseignants, accompagnement en atelier

- Enseignants « disciplinaires » : partage et élaboration de matériels pédagogiques, idéation d'activités, coordination d'activités « pratique »
- Direction d'établissement : Appui à l'innovation et à la formation de comité de coordination, réponse à des besoins de formation ponctuels, reconnaissance de temps, aménagement de temps dans l'horaire des enseignants

L'apport de certains de ces groupes d'acteurs tels que les enseignants ou la direction a été aussi relevé ailleurs au sein de la littérature (Asghar et al., 2012; El-Deghaidy et al., 2017; Rennie, Venville, et al., 2012a), mais il semblerait qu'aucune recherche n'a cependant pointé le rôle de premier ordre joué par la TTP dans l'opérationnalisation de l'intégration des ST. La dyade enseignant-TTP a pourtant été présente lors de la mise en œuvre de toutes les activités étudiées, faisant de cette dernière ressource un allié fort important pour la mise en œuvre desdites activités.

La Figure 5.3 — *Synthèse des résultats et des apports spécifiques de la thèse en lien avec l'opérationnalisation de l'intégration des ST* résume les principaux résultats se rapportant à cette troisième et dernière rubrique du cadre d'analyse. Au final, il est estimé que la reconnaissance de temps, la mise en place de moments de concertation/coordination/planification collaborative ainsi qu'une communication ouverte entre les enseignants et ses proches collaborateurs, s'avèrent des ingrédients favorables à la réussite de la mise en œuvre de l'intégration des ST. Cela apparaît d'autant plus important étant donné que les résultats ont aussi permis de constater l'apport relativement faible en matière de formation initiale ou continue provenant de supports externes (*p.ex.* conseillers pédagogiques, chercheurs universitaires) sur lesquels ont pu compter nos participants. Ceci n'est pas sans rappeler les constats de Savoie-Zajc (2010) sur le manque d'accompagnement, de suivi et de développement professionnel qui est assez répandu dans le milieu scolaire. À l'instar de Margot et Kettler (2019), il est estimé que les enseignants bénéficieraient

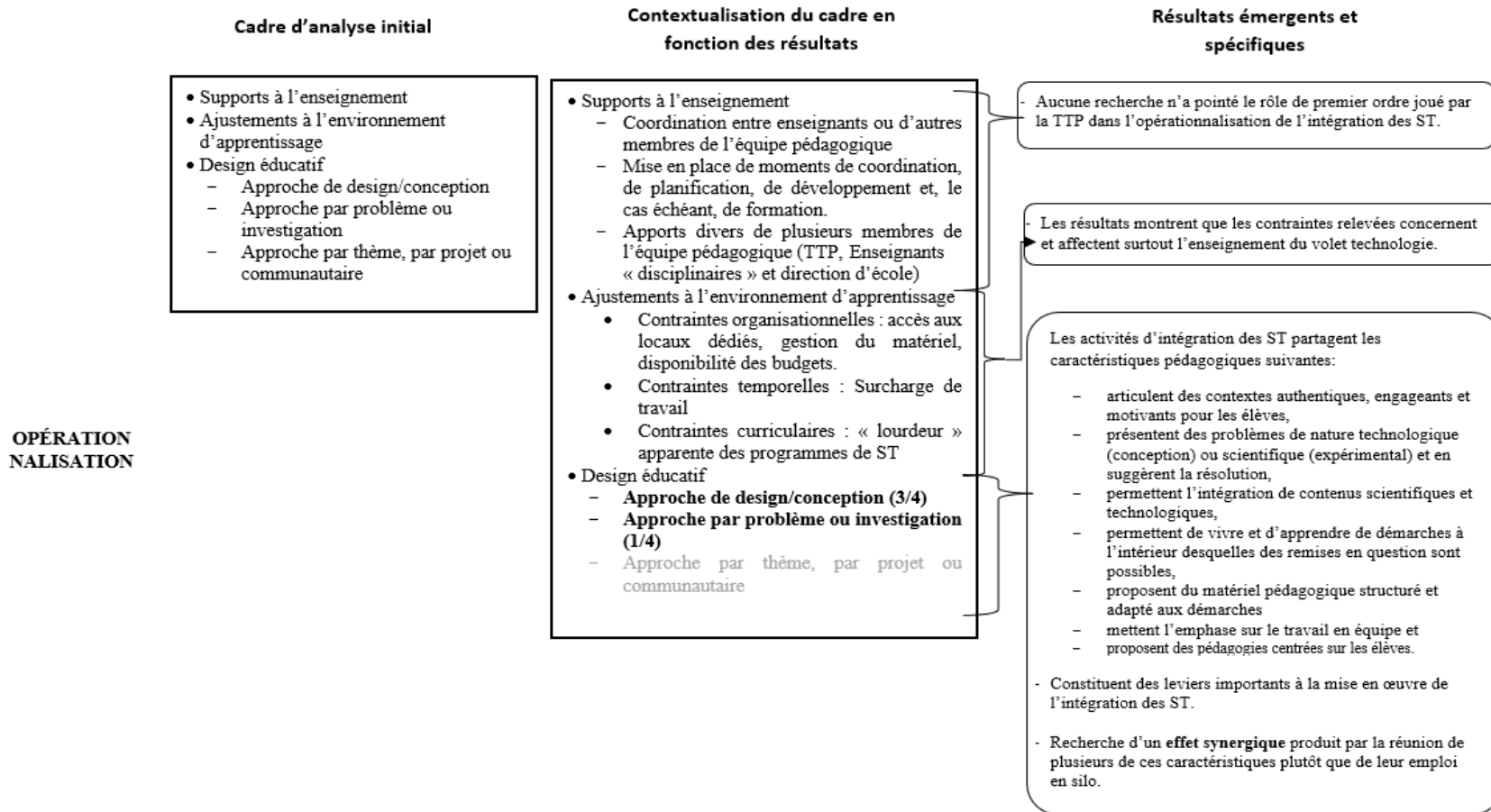


Figure 5.3 — Synthèse des résultats et des apports spécifiques de la thèse en lien avec l'opérationnalisation de l'intégration des ST

d'un développement professionnel effectif qui leur offrirait du temps et des occasions d'explorer comment intégrer les ST à l'intérieur de leurs programmes afin qu'ils acquièrent plus de repères et d'expériences pour y parvenir.

5.2 Les pratiques d'enseignement balisant les activités d'intégration des ST : interprétation et discussion

Le second registre de résultats a trait aux pratiques d'enseignement qui ont été employées afin de supporter la mise en œuvre des activités d'intégration des ST. Celles-ci ont été regroupées en quatre registres des pratiques d'enseignement, soit celles 1— liées à la contextualisation/problématisation des apprentissages, 2 — permettant l'exploration de savoirs disciplinaires et intégrés et le développement d'une connaissance des interactions ST, 3— articulant des démarches ouvertes et centrées sur l'élève ainsi que 4 — permettant l'évaluation et la régulation des apprentissages en ST.

La Figure 5.4 — *Synthèse des résultats et des apports spécifiques de la thèse en lien avec les registres de pratiques d'enseignement* offre une perspective macroscopique des principaux résultats de l'étude et des incidences principales de ceux-ci sur l'interprétation. Globalement, il est possible de constater que les critères théoriques établis initialement permettent une lecture intéressante et rigoureuse des principales pratiques déployées par les enseignants lors de la mise en œuvre des activités d'intégration des ST. Il est aussi possible de constater que certaines pratiques ont eu une présence plus importante (registre principal), plus saillante, soit celles ayant trait à la contextualisation/problématisation des apprentissages ainsi que celles liées à l'accompagnement des élèves à l'intérieur de démarches ouvertes et centrées sur l'élève. De manière préliminaire, il est constaté que ces pratiques renvoient à des aspects fondamentaux de l'intégration des ST, soit la mise en place de contextes authentiques et signifiants ainsi que la dévolution des apprentissages aux élèves (Moore et al., 2014; Venville, 2015). En revanche, d'autres pratiques se sont avérées en fin de compte plus discrètes (registre secondaire), notamment celles en lien avec l'exploration de savoirs disciplinaires et intégrés de même que l'évaluation/régulation des apprentissages. Les constats associés à ces registres de pratique (discutés dans les prochaines sections 5.2.2 et 5.2.4) sont préoccupants à différents égards et invitent à une réflexion en profondeur sur la prise en charge de ceux-ci lors de la mise en œuvre de l'intégration. Les sections qui suivent explicitent davantage chacune des rubriques à la lumière du cadre de référence.

<p>Registre principal</p> <p>Registre secondaire</p>	<p>Contextualisation/ problématisation des apprentissages</p>	<p>Exp. de savoirs disciplinaires et intégrés et le développement d'une connaissance des interactions ST</p>	<p>Articulant des démarches ouvertes et centrées sur l'élève</p>	<p>Permettant l'évaluation et la régulation des apprentissages en ST</p>
<p>Objectif général</p>	<p>Pratiques d'enseignement cherchant à donner vie aux apprentissages en ST, à les rendre concrets.</p>	<p>Pratiques d'enseignement permettant l'enrichissement conceptuel ainsi que le développement de savoir-faire et de compétences (disciplinaires ou intégrées).</p>	<p>Pratiques d'enseignement permettant la mise en œuvre de démarches (liées aux ST) au sein d'activités offrant un certain degré de liberté et de libre choix aux élèves.</p>	<p>Pratiques d'enseignement permettant l'évaluation/régulation d'apprentissages liés au ST (concepts, savoir-faire, etc.) et/ou du développement de compétences</p>
<p>Description des pratiques d'enseignement en fonction des résultats</p>	<p>- Trois formes de pratiques de contextualisation ont été relevées au sein des résultats :</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ 1- par l'actualité/vie de tous les jours et 2- par le numérique : pour fonction « rejoindre les élèves » en s'arrimant à du « concret ». ○ 3- par la mise en problème : pour fonction de fil conducteur entre les différentes tâches ; communiquer les éléments importants du contexte problématique. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Les résultats mettent en exergue relativement peu de pratiques d'enseignement en lien avec ce regroupement de pratiques. ○ Pratiques caractérisées essentiellement par un « effacement » de l'enseignant à l'intérieur des activités d'intégration étudiées. 	<p>- Trois formes de pratiques ont été relevées concernant ce registre, soit des pratiques d'enseignement :</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ <u>permettant la régulation du degré d'ouverture;</u> ○ <u>permettant l'accompagnement des élèves dans la démarche;</u> ○ <u>soutenant l'engagement et la motivation des élèves.</u> 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Peu de résultats ayant trait à ce registre ont émergé des cas étudiés.
<p>Résultats émergents et spécifiques</p>	<ul style="list-style-type: none"> ○ Les pratiques de contextualisation par les problèmes sont les plus importantes lors la mise en œuvre des activités d'intégration, car elles permettent aux éléments disciplinaires d'être intégrés entre eux. ○ Elles conduisent à la « pratique des ST » (emploi de démarches). 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Les résultats mettent ainsi en lumière que la démarche de conception technologique en intégration des ST est surtout mise en œuvre pour « elles-mêmes », c'est-à-dire sans raccord visible aux savoirs conceptuels qui sont quant à eux enseignés séparément (c.-à-d. avant ou après) des démarches. ○ Les résultats appuient le peu d'actions concrètes pour permettre le développement de compétences disciplinaires et transversales. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Les praticiens recherchent un niveau d'ouverture optimal en fonction de différents facteurs (p. ex. visées, impératifs de planification, etc.). ○ Forme de pratiques la plus employée. ○ Travail de l'enseignant prend la forme d'une orchestration du travail des élèves en classe. ○ Les pratiques d'accompagnement sont à géométrie variable et servent à guider les élèves vers un point d'arrivée en particulier afin de leur faire vivre des réussites (paradoxe de la réussite des élèves). ○ Les praticiens ont multiplié les interventions permettant d'agir positivement sur l'engagement et la motivation des élèves. ○ Garder les élèves actifs et engagés au sein des activités est une condition <i>sine qua non</i> à l'atteinte des objectifs d'apprentissage. 	<ul style="list-style-type: none"> ○ Faible prise en charge de ce registre de pratiques d'enseignement. ○ Confirme essentiellement les constats des études précédentes relevant aussi l'absence de pratiques évaluatives en cohérence avec l'intégration des ST.

Figure 5.4 — Synthèse des résultats et des apports spécifiques de la thèse en lien avec les registres de pratiques d'enseignement

5.2.1 Des pratiques favorisant la contextualisation/problématisation des apprentissages

Cela a été mentionné antérieurement, l'intégration en ST repose dans son essence sur une structuration de l'enseignement ou de l'apprentissage autour de problèmes ou d'enjeux significatifs et authentiques. Les pratiques d'enseignement qui s'y rattachent cherchent à donner vie aux apprentissages en ST, à les rendre concrets, plutôt que d'appuyer leur exploration sur du « vide », c'est-à-dire de manière décontextualisée (Rennie, Wallace, et al., 2012). Les programmes d'enseignement de ST appellent aussi les enseignants à créer des ponts afin de rapprocher les objets d'apprentissage de la réalité des élèves (Gouvernement du Québec, 2004, 2006a). Ainsi, les résultats ont mis en lumière la prise en charge importante de ce type de pratiques par les enseignants. Ces derniers ont multiplié les méthodes et les angles de contextualisation pour de la mise en œuvre des activités d'intégration. En fait, trois formes de pratiques ont entre autres été relevées, soit, la contextualisation par l'actualité ou la vie de tous les jours, la contextualisation par le numérique ainsi que la contextualisation des problèmes.

En ce qui a trait aux pratiques de contextualisation faisant appel au numérique ou à la vie quotidienne, celles-ci ont surtout pour fonction « rejoindre les élèves » en s'arrimant à du « concret ». Il s'agit de présenter tantôt physiquement, tantôt numériquement des artefacts, des éphémérides/anecdotes, des photos, des exemples, etc. qui permettent d'illustrer les principes scientifiques ou technologiques mis en exergue. Ces pratiques de contextualisation sont différentes de celles ayant trait à la problématisation des activités, car elles ne servent pas à « cimenter » différentes tâches entre-elles afin que la trame de l'activité suive un fil conducteur. Elles s'avèrent néanmoins fort utiles pour affiner le lien avec la réalité et les principes en jeu, afin de les refléter avec plus de complexité (Potvin, 2011). Il s'agit donc des pratiques de contextualisation qui sont plus spécifiques et ponctuelles, c'est-à-dire qu'elles agissent sur des objets d'apprentissages bien spécifiques et servent à les illustrer (Tobin & Garnett, 1988). Pour la mise en œuvre de l'intégration, ces pratiques nous apparaissent des outils intéressants pour offrir davantage d'ancrages avec les contextes de la vie quotidienne dans lesquels les savoirs (disciplinaires) apparaissent (Johnson et al., 2015; Margot & Kettler, 2019). Le numérique apparaît d'ailleurs comme un des leviers incontournables dont l'usage facilite la contextualisation des apprentissages et, par voie de corollaire, des activités d'intégration en ST.

En ce qui a trait aux pratiques de contextualisation des problèmes, celles-ci ne sont pas du même ordre que les deux premières, car elles réfèrent à une fonction différente. En réalité, elles prennent la forme

d'actions qui permettent de communiquer les éléments importants du contexte problématique afin que ce dernier soit compris avec clarté par les élèves. Les problèmes qui en émergent constituent la toile de fond sur laquelle se dessinent les activités et construisent le fil d'Ariane entre les différentes tâches. L'objectif tacite de ces pratiques est ici de rendre concret et tangible l'activité, son contexte ou son problème de départ. À nos yeux, il s'agit des pratiques de contextualisation les plus importantes, car elles permettent aux éléments disciplinaires d'être reliés entre eux, d'être intégrés pour le dire autrement (Beane, 1997; Rennie, Wallace, et al., 2012; Venville, 2015). Également, les cas à l'étude ont défini des problèmes de nature technologique et scientifique conduisant ensuite à l'emploi de démarches. Cela s'inscrit davantage dans la perspective décrite par Couture et al. (2015), de Vries (2007) et Pedretti et al. (2005) qui réfèrent à une contextualisation par les problèmes (c.-à-d. problématisation) conduisant à la « pratique des ST ».

La résolution de problème en contexte réel fait référence à ce que plusieurs considèrent comme des environnements, des contextes ou des tâches authentiques (de Vries, 2007; Hill, 2007; Hill & Smith, 2005). Ainsi, « faire des sciences » implique la résolution de problèmes en contexte réel qui est envisagée dans une perspective d'exploration de contenus scientifiques et technologiques, ce qui permet du même souffle de les rendre concrets. Mettre en place des pratiques d'enseignement de ce genre s'avère stratégique, voire essentiel pour déployer convenablement l'intégration des ST.

5.2.2 Des pratiques permettant l'exploration de savoirs disciplinaires et intégrés et le développement d'une connaissance des interactions ST

À titre de rappel, la littérature scientifique s'accorde sur le fait que les pratiques d'enseignement en formation aux ST doivent permettre l'enrichissement conceptuel ainsi que le développement de savoir-faire inhérents aux ST (Couture et al., 2015; de Vries, 2007; Hackling & Prain, 2005; Tobin & Fraser, 1990; Tobin & Garnett, 1988). Complémentairement, les programmes québécois d'enseignement des ST proposent de structurer les actions en ST autour du développement des compétences disciplinaires et, complémentaiement, transversales (Gouvernement du Québec, 2004, 2006b). Ces compétences sont des manifestations visibles des savoirs et savoir-faire que les élèves sont amenés à développer et mobiliser à l'intérieur d'activités complexes et nouvelles (Astolfi, 2007). Ainsi, l'enseignement intégré des ST permet de réaliser des apprentissages variés, c'est-à-dire incluant des savoirs intégrés ainsi que des savoirs pouvant relever des disciplines, en l'occurrence de savoirs conceptuels (concepts en ST), des savoir-faire (méthodes et démarches en ST) et une compréhension des interactions entre les disciplines. Ainsi, ce

regroupement a trait aux pratiques d'enseignement venant justement en appui à ces apprentissages variés qui doivent être à la clé des activités de formation scientifique et technologique.

Or, les résultats explicités antérieurement ont permis de mettre en exergue relativement peu de pratiques d'enseignement en lien avec ce regroupement. À l'intérieur du portrait dégagé, il est surtout remarqué un « effacement » de l'enseignant à cet égard, c'est-à-dire que ses actions en salle de classe qui sont moins caractérisées par ce genre de pratique. Selon notre lecture, ce constat n'est pas négatif en tant que tel et apparait même logique en fonction du contexte des activités. En effet, les activités d'intégration des ST sont structurées de manière à mettre au centre de celles-ci le travail de l'élève. Il est par conséquent normal que moins de pratiques soient directement mises en œuvre par l'enseignant en ce qui a trait aux apprentissages, car ce sont les activités qui sont en quelque sorte porteuses d'apprentissages. Autrement dit, les connaissances ne sont pas apportées directement par les enseignants, mais par le truchement d'activités qui proposent aux élèves la résolution de problèmes authentiques et l'application de savoirs variés.

Dans la même veine, Pedretti et al. (2005) soutiennent que les pratiques en enseignement des sciences doivent permettre des apprentissages « à propos » de celles-ci. Les démarches en ST occupent donc une fonction importante qui implique le déploiement de pratiques particulières qu'il importe de mettre en lumière au cours de l'enseignement. Toutefois, il ne fait pas perdre de vue que la mise en œuvre de ces démarches est aussi un prétexte pour faire des apprentissages en ST, notamment de nature conceptuelle (Perron et al., 2020). Or, ce que les résultats mettent ici en lumière (plus fortement pour le déploiement de la démarche de conception technologique), c'est que les démarches en intégration des ST sont surtout mises en œuvre pour « elles-mêmes », c'est-à-dire sans raccord visible aux savoirs conceptuels qui sont quant à eux enseignés séparément (c.-à-d. avant ou après) des démarches (Perron et al., 2020). Il est estimé que les élèves ont vécu des activités authentiques à partir desquelles ils ont pu apprendre davantage sur le fonctionnement des ST, notamment sur les méthodes et les pratiques qui les caractérisent. Les élèves ont appliqué des connaissances pour résoudre les problèmes et sont par le fait même amenés à apprendre « en faisant » tout en raffinant leur compréhension de ces connaissances (Margot & Kettler, 2019). Ces occasions de mettre la « main à la pâte » sont aux yeux de nos praticiens mieux placées que l'enseignement traditionnel et magistro-centré pour atteindre ces visées d'apprentissage (Van Haneghan et al., 2015). En somme, ces apprentissages ne nécessitent pas forcément de pratiques « directes » aux yeux de nos enseignants durant la mise en œuvre ; elles sont en fait replacées

davantage en amont (ou peut-être en aval). De surcroît, les praticiens n'ont pas mentionné mener d'actions concrètes pour permettre le développement de compétences disciplinaires au sein des activités étudiées (une seule activité y faisait référence). Les compétences transversales (apprentissages intégrés) se sont également avérées peu soutenues par des pratiques d'enseignement. Cela est révélateur du fait que les enseignants et les activités qu'ils développent sont encore beaucoup axés sur les contenus notionnels (c.-à-d. savoirs essentiels) plutôt que sur le développement des compétences, mais, étrangement, ces derniers contenus ne semblent pas être formalisés outre mesure durant les activités. Selon notre lecture de ce constat, cela engendre différents problèmes quant à ce que les élèves ont réellement appris *a posteriori* des activités. Cela nous apparaît d'autant plus préoccupant considérant que les pratiques évaluatives qui pourrait pallier en partie ce travail n'ont guère pris plus de place durant la mise en œuvre des activités étudiée. S'il est certain que les activités auront permis de travailler différentes notions scientifiques et technologiques, il demeure difficile de connaître lesquelles en particulier et dans quelle mesure celles-ci auront été comprises. Ce constat nous apparaît une issue inédite de la présente recherche, notamment en ce qui a trait à la faible prise en charge de savoirs conceptuels durant le déploiement de démarche de conception technologique.

Cela a été évoqué, les activités d'intégration étudiées sont caractérisées par l'ouverture de leur scénario. Cette ouverture a permis aux élèves de faire différents choix qui les ont guidés dans leur cheminement à travers les activités. Or, laisser les élèves trouver leur propre voie durant une activité impose d'accepter que ceux-ci se dirigent dans des directions parfois divergentes et inattendues (Venville, 2015). En intégration, parfois on ne peut tout simplement pas voir ce que les élèves apprennent jusqu'à ce qu'ils ressortent de l'autre côté et, finalement, les itinéraires d'apprentissage auront été probablement différents d'un élève à l'autre. Cela rend difficile, tout comme Asghar et al. (2012) ainsi que Dare et al. (2014) le relèvent, de déterminer sur le plan conceptuel ce qui a fait l'objet d'apprentissages effectifs. Il faut reconnaître que les apprentissages des élèves à travers des dispositifs intégrés sont plus difficiles à mesurer, notamment si ceux-ci sont observés par l'unique lorgnette des savoirs disciplinaires (Venville, 2015). Autrement dit, si l'apprentissage est observé de manière uniquement conceptuelle, il est difficile de déterminer ce que les élèves ont effectivement appris tandis que s'il est observé de manière plus vaste (*p.ex.* par le prisme du développement des compétences) alors les retombées seraient plus visibles et aussi plus en adéquation avec ce que permettent de travailler les activités d'intégration.

Alternativement, il est généralement relevé au sein de la littérature qu'il importe que les enseignants arrivent à communiquer leur « passion » lors de l'enseignement de contenus de ST (de Vries, 2007; Pedretti et al., 2005; Wilson & Mant, 2011a; 201b). Or, ce genre de pratiques ne semble pas avoir fait surface de manière significative dans les activités étudiées. Encore une fois, cela nous apparaît logique étant donné que ces activités ont été conçues de façon à rendre les élèves actifs dans la réalisation des activités. Elles ne sont dès lors que peu propices à ce genre de communication ou de transmission que pourraient être des activités plus magistro-centrées où le discours de l'enseignant est dominant. En fait, les activités d'intégration de ST trouvent davantage leur pertinence dans le contexte de départ plutôt que sur les aspects « passionnants » des apprentissages qui peuvent être véhiculés par l'enseignant. L'intérêt des activités d'intégration est, en d'autres termes, endogène, car c'est la trame de l'activité ainsi que la résolution d'un problème tangible et appliqué qui génèrent de l'intérêt et de l'engagement. Il est donc logique que les enseignants en fassent moins pour rendre « passionnants » les thèmes de ST travaillés, les moments pour le faire étant aussi plus rares et, sans doute, moins propices.

En somme, on comprend qu'il est difficile pour les enseignants de se lancer sans restriction dans un contexte où les apprentissages sont idiosyncratiques ou même dans une perspective de développement de compétences à la fois disciplinaires et transversales (Rennie, Venville, et al., 2012a). Les enseignants possèdent moins d'outils ou de repères pour y arriver. Pour reprendre les propos de Rennie, Venville, et al. (2012a), il est « important de comprendre et d'accepter qu'une approche intégrée implique nécessairement l'incorporation d'objectifs disciplinaires et interdisciplinaires » (Traduction libre, p.136). La normalisation des activités d'intégration permettra de développer ce créneau d'apprentissages. Finalement, il est estimé que le plus important est que les élèves puissent apprendre à l'intérieur de contextes et d'activités authentiques. Les apprentissages qui en résultent sont, à notre avis, pertinents et importants. Ils auraient cependant intérêt à être envisagés dans un plus large spectre de savoirs et aussi à être mieux « suivi » par les enseignants.

Enfin, il est compris que les pratiques d'enseignement qui supportent d'ordinaire les apprentissages en ST ont été plus discrètes. Cela s'explique justement par le fait que davantage des responsabilités face aux apprentissages sont ici dévolues aux élèves. Les pratiques qui ont trait à ces apprentissages apparaissent, cela est estimé, plutôt lors de moments en amont de la mise en œuvre, dans la préparation des activités, afin d'en déterminer les contenus et le contenant. Forcément, plus la responsabilité de s'approprier les nouveaux contenus repose sur les épaules des élèves, moins les pratiques des enseignants y ayant trait

sont sollicitées. Le prochain regroupement de pratiques permet en revanche de mieux comprendre l'agir de l'enseignant à l'intérieur d'une pédagogie centrée sur les élèves.

5.2.3 Des pratiques articulant des démarches ouvertes et centrées sur l'élève

Cela a été évoqué, mettre en œuvre des activités proposant de l'intégration des ST nécessite une transition pédagogique importante, notamment en ce qui a trait aux pratiques d'enseignement. En effet, l'enseignant est appelé à s'éloigner de sa posture traditionnelle où il apporte les contenus aux élèves afin d'accueillir une perspective à l'intérieur de laquelle les élèves prennent, dans une plus ou moins grande mesure, « le contrôle » de ce processus (Park et al., 2016). Cette transition est également soutenue par la littérature sur les pratiques d'enseignement qui appelle à un enseignement/apprentissage des ST où les élèves sont « actifs » et au centre de leurs apprentissages (Charland et al., 2012; Garnett & Tobin, 1988; Pedretti et al., 2005; Tobin & Fraser, 1988, 1990; Tobin & Garnett, 1988; Tobin et al., 1988; Treagust, 1991). Pour différents auteurs, cela nécessite un passage obligatoire par les démarches propres aux ST (Couture et al., 2015; de Vries, 2007; Pedretti et al., 2005), et ce, au sein d'activités offrant un certain degré de liberté et de libre choix aux élèves (Moore et al., 2014).

Les résultats relevés à cet égard montrent que la plupart des participants ont une certaine sensibilité à offrir le bon degré d'ouverture pour leur activité. À l'instar de Potvin (2011), il est estimé qu'une ouverture « sauvage » des activités peut être à différents égards tout aussi préjudiciable qu'un niveau trop « faible ». Les praticiens semblent à la recherche d'un niveau d'ouverture optimal, un point d'équilibre qui serait défini en fonction de différents facteurs tels que les intentions pédagogiques retenues, et différents impératifs de planification (*p.ex.* temps, matériel, etc.).

Fort d'activités qui mettaient à l'avant-plan des démarches en sciences et en technologie, les résultats ont aussi montré que les pratiques employées par les praticiens concernaient majoritairement l'accompagnement des élèves à l'intérieur desdites démarches. Il importe de comprendre que les activités de cette nature modifient le rôle des enseignants durant la mise en œuvre puisqu'elles sont particulièrement axées sur le travail de l'élève. Les enseignants occupent dès lors un rôle que l'on pourrait qualifier de « périphérique », plus détaché de l'enseignement. Celui-ci prend la forme d'une orchestration du travail des élèves en classe. Selon notre lecture des résultats, il est estimé que les enseignants comprennent bien les enjeux pédagogiques rattachés à la mise en œuvre des activités d'intégration et mettent de l'avant des pratiques en cohérence visant essentiellement à « accompagner » ou « guider » les

élèves à travers les étapes du projet ou de la démarche. Les pratiques d'accompagnement des élèves ont été abondamment déployées et déclinées par les praticiens (*p.ex.* l'accompagnement des équipes, le suivi du travail, la proposition de pistes de travail ou de solution, la mise en place de points de contrôle). Plus encore, l'élément fédérateur de ces pratiques est à l'effet qu'elles permettent d'assurer le cheminement « positif » des élèves à l'intérieur des activités afin qu'ils arrivent ultimement à bon port. Les pratiques d'accompagnement sont à géométrie variable et servent à guider les élèves vers un point d'arrivée en particulier afin de leur faire vivre des réussites (*p.ex.* l'élaboration à un artéfact fonctionnel). Ce filet de sécurité est un aspect fort important de ce regroupement de pratiques, et ce, même si paradoxalement les élèves sont davantage les maîtres à bord. Il est estimé que ce résultat concernant les pratiques d'enseignement liées à l'accompagnement des élèves a été moins bien cerné par des études pertinentes du domaine et constitue un élément émergent de la présente étude.

Enfin, Dare, et al. (2014), mentionnent qu'un aspect intéressant des activités d'intégration des ST est de permettre aux élèves performants d'atteindre un « point de frustration », ce qui advient plus rarement dans un cadre d'enseignement traditionnel. Or, si l'échec est intéressant d'un point de vue pédagogique afin d'apprendre notamment à le surmonter, il est constaté que les enseignants mettent en place des pratiques pour que les élèves arrivent à bon port. Cela est cohérent en fonction de la troisième thématique de pratiques qui a trait à l'« engagement » des élèves à l'intérieur des démarches. Couture et al. (2015) soutiennent que la pertinence d'utiliser des démarches ouvertes telles que l'investigation repose sur le caractère « attractif » et « intéressant » de ces dernières. Wilson et Mant (2011a, 2011b) évoquent aussi l'importance du passage par les aspects méthodologiques et pratiques des sciences comme levier à l'engagement des élèves dans les tâches de ST. Les participants ont démontré une préoccupation importante quant à l'engagement et la motivation des élèves. Ils ont en fait multiplié les pratiques permettant d'agir positivement sur ce dernier volet. Selon notre interprétation, des élèves qui se désengageraient face aux activités ne pourraient apprendre, leur engagement dans les tâches étant une condition *sine qua non* à l'atteinte des objectifs d'apprentissage et aussi fonction de leur intérêt (Astolfi et al., 2008). Les garder actifs et engagés au sein de l'activité est par conséquent primordial, l'échec étant une possibilité, mais dont il faut atténuer l'impact sur l'engagement des élèves.

5.2.4 Des pratiques de régulation et d'évaluation des apprentissages inhérentes aux ST

Enfin, le dernier registre de pratiques d'enseignement a trait à l'évaluation et la régulation des apprentissages inhérents aux activités d'intégration des ST. Mettre en œuvre l'intégration des ST nécessite

des pratiques d'évaluation qui lui sont propices et qui impliquent un changement de *statu quo*. En effet, la transition nécessaire qu'induit cette mise en œuvre appelle des changements tant sur le plan de la pédagogie que de l'évaluation des apprentissages (Moore et al., 2015). Or, au-delà de rendre visible ce qui constitue les objets d'évaluation des apprentissages ou encore de la sélection de questions de plus « haut niveau », peu de résultats ayant trait à ce registre ont émergé des données de recherche. Ce constat résonne avec d'autres documentés au sein de la littérature scientifique à l'effet que les dispositifs manquent pour évaluer l'ensemble des connaissances apprises par les élèves en intégration (résoudre un problème, coopérer, etc.) et que l'évaluation porte presque exclusivement sur des objets disciplinaires (Rennie, Venville, et al., 2012a; Venville et al., 2012). De même, Asghar et al., (2012) de même que Dare et al. (2014) mettent en exergue le fait que les enseignants ressentent un manque sur les plans de l'évaluation formative et de tests standardisés qui permettraient de rendre compte avec une plus grande fiabilité de ce que les élèves comprennent des différents objets disciplinaires. Il peut donc y avoir une piste d'explication quant aux résultats de notre étude qui pourraient être en fait le corolaire de ces manques importants quant à l'évaluation des apprentissages. Il est clair que les praticiens n'ont, pour le moment, guère de repères pour appréhender la chose et le risque est grand que les enseignants conservent des pratiques d'évaluation mieux connues (Russell, 2015). À notre avis, il sera important d'investiguer davantage ce registre de pratiques qui pour l'instant semble passer sous le radar. L'évaluation doit migrer vers une perspective plus holistique afin de considérer également les objectifs de formation interdisciplinaires, ce qui pourrait signifier de mesurer ces derniers en fonction de différentes perspectives théoriques (Rennie, Venville, et al., 2012a). Tout comme Rennie, Venville, et al. (2012a), il est estimé que plus d'attention devra être portée quant aux manières de mesurer un large spectre d'apprentissages et de permettre une évaluation plus effective qui tient compte de la riche nature des apprentissages pouvant émerger.

CONCLUSION

Cette conclusion se veut un retour général depuis le questionnement initial jusqu'à l'interprétation des données. Sommairement, il s'agit maintenant de rappeler le cheminement, de dégager les éléments émergents et les limites de la thèse ainsi que de soulever les pistes que des efforts ultérieurs de recherche auront la possibilité d'explorer.

La problématique de recherche s'est ancrée dans le contexte de l'enseignement intégré des sciences et de la technologie au secondaire. L'arrimage de l'intégration des ST à la formation scientifique et technologique repose, entre autres, sur l'adhésion à des orientations communes en matière de visées de formation, notamment pour le développement de la culture scientifique et technologique chez les élèves. Différentes raisons d'ordre éducatif, pédagogique, épistémologique et scientifique ont favorisé l'avènement de l'intégration des ST au sein de l'enseignement des ST. Par la suite, la description du contexte actuel de l'enseignement scientifique et technologique au Québec a permis de mettre en exergue la prise en charge importante de l'intégration au sein du curriculum. Cette démonstration a consolidé la pertinence d'intégrer les ST dans le contexte actuel de l'enseignement des ST. Toutefois, celle-ci semble faire face à de sérieux écueils qui freinent encore à ce jour l'opérationnalisation et l'épanouissement de cette dernière forme d'éducation. Justement, l'explicitation de différents nœuds d'enjeux a permis de mettre en exergue les principaux obstacles recensés au sein de la littérature notamment en lien avec les enseignants de ST, la culture scolaire, l'évaluation des apprentissages et l'éducation technologique. Face à cette situation, il est apparu important de comprendre comment déployer l'intégration des ST dans un contexte qui lui semble difficilement compatible. S'intéresser aux activités proposant une mise en œuvre réussie de l'intégration des ST ainsi qu'aux pratiques d'enseignement qui soutient ces activités s'est présentée comme une voie de recherche pertinente permettant d'explorer les ingrédients clés de cette mise en œuvre. Le questionnement de recherche s'est ainsi articulé autour de cette prémisse et propose d'apporter un éclairage significatif sur la question.

Pour répondre à la question principale de recherche, il a été nécessaire d'explicitier deux concepts, soit l'intégration des ST ainsi que les pratiques d'enseignement, tout en insistant sur le maillage et la dynamique entre ceux-ci. L'intégration des ST y est en substance décrite comme un enseignement qui se construit par l'entremise de problèmes ou d'enjeux ancrés dans la vie réelle dont la résolution ou l'étude force la mise en commun de savoirs ou de démarches qui d'ordinaire relèvent de disciplines différentes.

L'intégration est également décrite comme un fil conducteur à travers différents mouvements d'enseignement des ST. Cette démonstration conduit à l'explicitation et la critique d'un cadre descriptif, prisme par lequel ont été appréciées les activités d'intégration des ST. Des pratiques d'enseignement compatibles avec l'intégration des ST ont été proposées sous forme de critères qui sont à la rencontre des perspectives scientifique et curriculaire. Le concept de pratique d'enseignement est plus formellement défini et décrit afin de mettre en lumière différentes particularités ayant des incidences sur la démarche de recherche. Les objectifs de recherche sont en définitive formulés de manière à s'arrimer avec les éléments conceptuels traités dans le chapitre.

Subséquentement, le cadre méthodologique a été défini. Celui-ci prend en charge un type de recherche d'épistémologie interprétative, soit l'étude de cas multiples. Celle-ci est mise en relief par une critique des pratiques méthodologiques usuellement employées par des études analogues. Cette critique a permis de consolider tout au long du chapitre certains choix méthodologiques opérés allant de la sélection d'une posture épistémologique particulière à l'opérationnalisation de la recherche. De manière chronologique, le processus de sélection des cas, notamment la méthode d'échantillonnage intentionnel, a été ensuite explicité à travers la perspective de la présente étude. Les différents outils de collecte, soit l'observation en situation, l'entrevue semi-dirigée et le matériel écrit, ont également été étayés de manière à faire émerger la trame globale de recueil des données. Enfin, la démarche d'analyse qui a servi à l'examen détaillé des données a été décrite selon une procédure inductive par laquelle des catégories émergentes ont émané afin de préciser des catégories existantes. Cette analyse a été réalisée d'abord pour chacun des cas et, ensuite, de manière transversale à travers les différents cas.

Globalement, les résultats dégagés ont permis de mieux comprendre ce qui, du point de vue des activités et des pratiques d'enseignement, définit une mise en œuvre de l'intégration réussie.

En ce qui a trait aux résultats inhérents aux activités d'intégration des ST, ceux-ci ont été regroupés en fonction des visées, de la nature et de l'ampleur ainsi que de l'opérationnalisation de l'intégration des ST. Ceux-ci ont permis de préciser et de bonifier le cadre descriptif afin de montrer comment se sont incarnés les rubriques à travers les activités d'intégration étudiées. Sur le plan de visées, il s'agissait pour nos praticiens d'engager les élèves dans des contextes proches de la vie réelle, authentiques, qui les amèneraient essentiellement à résoudre des problèmes à partir desquels ils apprennent « par la pratique ». Cet agencement concourait au développement d'une culture scientifique et technologique,

composée de principes ST fondamentaux, dont les élèves pourraient faire usage au quotidien. Nos résultats montrent que cette culture scientifique et technologique concernait aussi la maîtrise de « techniques » variées, ce qui s'est avéré un résultat émergent moins bien capté par les études antérieures sur le sujet. De surcroît, la mise en place de contextes authentiques stimulerait l'engagement des élèves dans les tâches de ST. Sur le plan de la nature et de l'ampleur de l'intégration, de nombreux éléments disciplinaires ont été mis en commun par les activités, notamment des savoirs, des techniques et des démarches relatifs aux ST. Les résultats montrent que la combinaison « démarche(s) + savoirs » a été unanimement privilégiée par les cas d'activité, et ce, de sorte que les savoirs disciplinaires gravitaient autour des démarches qui, quant à elles, avaient une fonction essentiellement « structurante ». Ajoutons que les activités de conception technologique ont permis d'atteindre un niveau d'intégration plus élevé (*c.-à-d.* interdisciplinarité) que celle mettant de l'avant la démarche de résolution de problème (*c.-à-d.* pluridisciplinarité). Bien que l'intégration des ST ait été dans tous les cas en cohérence avec les intentions pédagogiques, la démarche de conception technologique s'est avérée plus favorable à l'intégration de contenus ST, et même, dans un cas, avec un certain équilibre entre les contenus ST. Les savoirs (scientifiques ou technologiques) qui ont été accolés à la démarche ont apporté une profondeur à la réflexion soutenant la conception des artefacts. Les résultats ont aussi montré qu'un pan important de ce qui a été intégré relevait de « techniques » propres aux ST. Il est estimé que l'impact de ces savoir-faire sur la mise en œuvre de l'intégration des ST est désormais mieux compris. Sur le plan de l'opérationnalisation des activités d'intégration des ST, les résultats décrivent l'emploi de deux approches pédagogiques différentes (*c.-à-d.* approche par problème, approche de design/conception), lesquelles ont permis la définition de conditions de mise en œuvre propices à l'apprentissage des ST dans une perspective d'intégration : les activités

- articulent des contextes authentiques, engageants et motivants pour les élèves;
- présentent des problèmes de nature technologique (conception) ou scientifique (expérimental) et en suggèrent la résolution;
- permettent l'intégration de contenus scientifiques et technologiques;
- permettent de vivre et d'apprendre de démarches à l'intérieur desquelles des remises en question sont possibles;
- proposent du matériel pédagogique structuré et adapté aux démarches
- mettent l'accent sur le travail en équipe et
- proposent des pédagogies centrées sur les élèves.

Les résultats ont aussi montré que mettre en place de telles conditions à l'intérieur d'activités nécessite de négocier avec différentes contraintes. Celles relevées étaient plurielles, notamment d'ordre organisationnel, temporel et curriculaire. L'impact des certaines de ces contraintes a été amenuisé par l'intervention combinée de différents supports à l'enseignement, notamment la collaboration au sein de l'équipe pédagogique ainsi que la mise en place de moments propices à son déploiement. Alors que les études antérieures ont surtout décrit l'apport des enseignants ou des directions d'école comme des leviers à la mise en œuvre, nos résultats ont complémentaiement mis en lumière l'apport fort important du technicien en travaux pratiques (TTP) à l'intérieur de ce tableau. Le rôle de ce collaborateur de premier plan est désormais mieux compris quant à la mise en œuvre de l'intégration.

En ce qui a trait aux résultats relatifs aux pratiques d'enseignement, les pratiques de contextualisation/problématisation des apprentissages ainsi que celles liées à l'accompagnement des élèves à l'intérieur de démarches ouvertes et centrées sur l'élève ont été plus saillantes que celles concernant les apprentissages intégrés et inhérents aux ST de même que l'évaluation/régulation des apprentissages. D'abord, différentes pratiques de contextualisation ont été mobilisées lors de la mise en œuvre des activités. Ces pratiques ne répondaient cependant pas toutes aux mêmes fonctions. Certaines étaient plus spécifiques (c.-à-d. vie quotidienne et numérique) aux contenus, servant à illustrer différents principes ST abstraits, tandis que d'autres (c.-à-d. problématisation) servaient à maintenir en place le contexte problématique de l'activité. Ces dernières pratiques de contextualisation, nommément celles de « problématisation », conduisaient « à la pratique des sciences », c'est-à-dire à résoudre des problèmes par le truchement de démarches. La résolution de ces problèmes est envisagée dans une perspective d'exploration de contenus scientifiques et technologiques, ce qui a été cohérent à la mise en œuvre des activités d'intégration. Ensuite, les pratiques d'enseignement dédiées aux apprentissages intégrés et inhérents aux ST ont surtout démontré l'« effacement » des enseignants à l'intérieur de ce registre d'actions. Ce dernier constat résonne avec le fait que les activités d'intégration emploient des approches pédagogiques centrant l'apprentissage sur les élèves; la quasi-absence de pratiques d'enseignement est, par voie de corolaire, une conséquence logique de ce choix, mais engendre différents problèmes quant à ce que les élèves ont réellement appris *a posteriori* des activités. Complémentaiement, les actions portées par les enseignants concernant le développement de compétences transversales (savoirs intégrés) ou disciplinaires se sont avérées rarissimes. Les praticiens demeurent ancrés dans des pratiques qui se basent sur les savoirs disciplinaires (sans en assurer le suivi) ce qui diminue le spectre des possibilités en matière d'apprentissage. Par la suite, les résultats inhérents aux pratiques d'enseignement articulant des

démarches ouvertes et centrées sur l'élève ont montré que les enseignants mettent de l'avant des pratiques visant à « accompagner » ou « guider » les élèves à travers les étapes du projet ou de la démarche. Ces pratiques partagent comme fonction d'assurer le cheminement « positif » des élèves à l'intérieur des activités afin qu'ils arrivent ultimement à bon port. Ces pratiques permettaient aussi d'assurer et de maintenir l'« engagement » des élèves à l'intérieur des démarches, ce qui est primordial pour l'atteinte des objectifs d'apprentissage. Enfin, les pratiques d'enseignement en lien avec l'évaluation et la régulation des apprentissages ont été proportionnellement peu représentées lors de la mise en œuvre des activités d'intégration. Ce constat s'est avéré cohérent avec d'autres recherches concernant l'absence de dispositifs pour évaluer l'ensemble des apprentissages pouvant être faits par les élèves à l'intérieur d'activités intégrées. Il est clair que les praticiens n'ont pour le moment guère de repères pour appréhender la chose et il est naturel qu'ils fassent appel, pour le moment, à des routines d'évaluation mieux (re)connues.

Nous présentons maintenant, comme dernier mouvement de cette conclusion, les limites et les nouveaux questionnements ou avenues de recherche envisagés de même que les retombées de la présente recherche. Ceux-ci débordent évidemment de notre questionnement initial, mais sont essentiels pour la postérité de la recherche en intégration des ST.

Afin de mettre en relief la validité (interne et externe) de la présente étude, il importe de circonscrire les limites découlant des choix qui ont été opérés au sein de la recherche et des moyens mis en œuvre afin d'en atténuer l'impact. Un premier registre de limites a trait à la procédure de sélection des cas ainsi que des cas en eux-mêmes. À titre de rappel, la sélection des cas s'est appuyée sur des personnes clés du milieu scolaire afin d'orienter la procédure vers des enseignants qui mettaient en œuvre (ou qui étaient susceptibles de la faire) des activités d'intégration des ST à l'intérieur de leur classe. Ce choix de procédure avait pour but d'effectuer un « balayage » à large spectre des centres de services et des écoles secondaires du territoire en utilisant un réseau d'observateurs bien positionnés détenant une expertise pertinente. Évidemment, ce choix de méthode comporte certaines limites. D'abord, la proposition de cas pertinents dépendait en partie de la compréhension qu'ont les pairs recommandeurs des critères fournis. Or, bien que ces derniers « recommandeurs » possédaient une expertise intéressante, il demeure possible que des activités ou des candidats potentiels aient pu être évincés par la procédure en raison de leur perception subjective de ce qui pouvait réellement se qualifier. Aussi, des cas pertinents auraient pu passer sous le radar étant donné que la vision de ces pairs recommandeurs pouvait avoir également ses limites (c.-à-d.

ne peuvent pas tout connaître ce qui se fait dans les classes). Dès lors, des moyens ont néanmoins été mis en place pour atténuer les effets négatifs qui auraient pu être induits par ladite procédure. D'abord, cela a été mentionné, des critères (voir section 3.3.1 pour les critères) ont accompagné, à toutes les étapes, la sélection des activités retenues. Ces critères de sélection ont été explicités (par des exemples de combinaisons d'intégration possibles ou d'activités) de manière importante, notamment lors de la prise de contact avec les praticiens recommandés (voir p. ex. annexe IX-Courriel de sélection). Dans une situation en particulier, il a aussi été possible de parler directement avec les enseignants de ST concernés. La présentation réalisée par l'étudiant-chercheur a permis de rejoindre un grand nombre de praticiens tout en précisant possiblement avec plus de profondeur les critères de qualification pour les activités d'intégration des ST. Dans tous les cas, un entretien de pré-sélection a été réalisé afin de s'assurer auprès des participants potentiels du respect des critères précédemment énoncés ainsi que de discuter plus en détails du scénario des activités. Cet entretien a permis de retrancher des activités non pertinentes à l'étude et de confirmer la pertinence des cas sélectionnés. Ainsi, malgré les limites évoquées, nous estimons avoir apporté suffisamment de rigueur au processus de sélection pour retenir des cas riches à partir desquels il a été possible d'extraire des données tout aussi riches. Une autre limite importante en lien avec la sélection des cas concerne les cas en eux-mêmes et ce qu'ils nous permettent justement d'apprendre. En effet, bien que ceux-ci aient été sélectionnés de manière rigoureuse, il n'en demeure pas moins que les activités retenues ne sont pas parfaites et qu'elles comportent inexorablement certains angles morts. Par exemple, les cas sélectionnés abordaient l'intégration de contenus, de techniques et de démarches liés à l'univers matériel (incluant la physique) et, en plus forte proportion, à l'univers technologique. Or, force est de reconnaître que ces cas ne nous renseignent finalement guère sur l'intégration des disciplines scientifiques entre-elles ou encore sur l'intégration de la technologie avec d'autres univers d'apprentissage. Certains pourraient également voir dans les cas retenus une certaine complexité induite des activités qui limiterait possiblement la transférabilité de celles-ci. Par exemple, l'activité du laboratoire de robotique aurait également pu atteindre sa cible en utilisant comme matériel un plan incliné gradué, une bille, un téléphone (pour filmer le mouvement de la bille) et un chronomètre afin d'éviter le recours à des trousseaux de robotique coûteuses. En fin de compte, d'autres cas auraient sans doute pu nous permettre d'apprendre différentes choses, voire d'obtenir des résultats différents. Nous sommes donc conscients des limites inhérentes aux cas choisis. Il nous semble cependant qu'il s'agit du propre des recherches que d'effectuer un grand effort de « réduction » de la réalité pour lequel il sera toujours nécessaire d'opérer certains choix. Les cas d'activités retenus sont envisagés davantage comme

de « bons compromis » issus du milieu scolaire qui ne sont bien évidemment pas parfaits, mais qui ont en revanche la qualité d'être convaincants pour les praticiens et à partir desquels il a été possible d'apprendre.

Un second registre de limites concerne les outils de collecte de données qui ont été employés à l'intérieur de cette étude ainsi que l'analyse qui en découle. D'abord, en ce qui a trait à l'appareillage méthodologique, force est de reconnaître que les outils employés ne sont pas exempts de biais divers et d'angles morts à définir. L'observation en situation utilisée lors de la mise en œuvre des activités d'intégration peut par exemple avoir été affectée par la projection personnelle de l'étudiant-chercheur, notamment lors de l'observation des pratiques. Astolfi (2011) parle entre autres des cadres théoriques de l'observateur (conscients ou non) qui engendreraient toute sorte de distorsions quant à ce qui est réellement observé. L'entretien semi-dirigé peut également comporter des limites. Ce dernier outil a été privilégié à l'utilisation d'un questionnaire afin d'avoir accès à une réflexion plus approfondie des raisonnements guidant la pratique et le déploiement des activités (Pourpart, 1997). Or, il faut reconnaître que si les participants se livrent généralement moins lors de l'administration d'un questionnaire, ils cherchent aussi possiblement à moins embellir la réalité ou à répondre ce qu'ils croient socialement acceptable. C'est que plusieurs désignent comme l'« effet de désirabilité » (Merriam, 2009; Thouin, 2014). Aussi, les protocoles d'entretien utilisés a posteriori comportaient des questions plus génériques, adressées à tous les participants, ainsi que d'autres, spécifiques à chacun des cas (pour approfondir certains aspects), ce qui a pu générer des angles morts entre les cas. Le matériel colligé (*p. ex.* cahiers d'activité, production d'élèves, etc.) dans la présente étude comporte également ses limites. En effet, il n'a pas toujours été possible d'obtenir un accès complet à tous les artefacts pédagogiques utilisés lors des différentes mises en œuvre, ce qui a parfois limité la description faite des pratiques d'enseignement ou des activités s'y référant. Quant à la procédure d'analyse des données, il importe de mentionner que le codage a été effectué par un seul individu, en l'occurrence l'étudiant-chercheur, ce qui a pu entraîner un biais de confirmation ou de l'expérimenteur entourant la procédure pour définir les catégories (Thouin, 2014). Cela étant dit, des leviers considérables ont été mis en place pour atténuer lesdites limites méthodologiques et analytiques. Évoquons à cet égard des arguments déclinés antérieurement portant sur la validité de la recherche qualitative. D'abord, le recours à plusieurs outils de collecte complémentaires permet de pallier les lacunes inhérentes à chacun des outils sur le plan individuel. C'est ce que l'on désigne autrement comme la triangulation des méthodes, où l'on cherche à combler les lacunes de chaque méthode tout en limitant les biais occasionnés par des erreurs méthodologiques (Merriam, 2009; Savoie-Zajc, 2018). À titre d'exemple, ce qu'un enseignant aurait mentionné lors de son entretien initial pourrait par la suite être croisé par des

observations directes en salle de classe ou encore se concrétiser à l'intérieur des documents produits. Parallèlement, ajoutons que les séances d'observation ont été enregistrées par un dispositif numérique de captation vidéo, ce qui a permis de pallier, du moins en partie, la capacité limitée d'observation du chercheur (Martineau, 2005). Également, bien que le codage ait été effectué par une seule personne, l'étudiant-chercheur a néanmoins bénéficié de l'accompagnement ainsi que de la validation de la directrice de la thèse, notamment lors de points de codage plus litigieux ou ambigus. Savoie-Zajc (2018) désigne cette manœuvre comme une forme de triangulation du chercheur qui s'exerce de manière que le chercheur prend une distance de sa démarche « et discute avec quelqu'un d'autre qui l'interroge sur les décisions prises au cours de la recherche » (p. 212). Il faut également mentionner que l'étudiant-chercheur a assuré une présence soutenue en milieu scolaire tout au long de la collecte de données. Pour Merriam (2009), cette présence du chercheur dans le milieu de collecte, notamment auprès des participants, permet d'assurer une correspondance entre les catégories produites par le chercheur et la réalité des participants afin d'obtenir une description plus raffinée de celle-ci. Cela nous apparaît d'ailleurs particulièrement visible dans la présentation des résultats qui rend bien accessibles les données desquelles ils découlent. Enfin, la tenue d'un journal de bord a permis de documenter certaines réflexions méthodologiques assurant la cohérence entre la question de recherche, l'évolution qu'elle a subie, la documentation de cette évolution et les résultats de la recherche (Savoie-Zajc, 2011).

Par ailleurs, en ce qui a trait aux angles morts inhérents à la recherche, il est certain que cette étude a permis de préciser la réponse à notre questionnement de départ et par le fait même de mieux comprendre ce qui définit, tant sur le plan des activités que des pratiques d'enseignement, une intégration réussie des ST. Cependant, la présente recherche a également soulevé plusieurs questionnements qui demeurent à ce jour sans réponse et qui, en soi, constitueraient d'intéressantes perspectives de recherche. Parmi ceux-ci, la question des apprentissages effectifs et de leur évaluation demeure entière. Il est souhaité et aussi capital que de futures recherches puissent investiguer les manières d'évaluer les apprentissages réalisés lors d'activités d'intégration des ST, évaluation qui devra tenir compte de la nature des apprentissages rattachés aux activités intégrées. Les praticiens ont grand besoin de balises leur permettant de dépasser les outils et les routines d'évaluation traditionnelles, ce qui sera nécessaire à une mise en œuvre davantage cohérente.

Une autre zone d'ombre a trait à la perspective des élèves qui a été représentée par des données qui découlent d'observateurs extérieurs, tels que les enseignants participants et l'étudiant chercheur. À notre

avis, il peut y avoir une distorsion entre les perceptions de ces acteurs et l'expérience vécue telle que perçue par les élèves. Une future recherche pourrait donc s'intéresser davantage à l'expérience des élèves à l'intérieur de ces activités, notamment en matière de défis rencontrés, d'apprentissages réalisés, de compétences déployées et d'engagement à l'intérieur des activités.

Un autre obstacle concerne la transformation des pratiques qui sera nécessaire pour disséminer plus d'initiatives d'intégration des ST à travers le réseau scolaire. Les données recueillies dans cette étude n'ont pas permis de cerner avec exactitude l'ensemble des raisons qui incitent les enseignants à se lancer dans des activités d'intégration ou bien celles qui les poussent à poursuivre leur cheminement malgré les embûches. En réalité, les cas à l'étude nous ont permis de constater que les activités d'intégration étaient le résultat d'une démarche motivée par la bonne volonté et l'intérêt des enseignants à présenter des contenus dans une perspective différente de ce qui est possible d'atteindre via de l'enseignement traditionnel. Cependant, nous n'avons pas réussi à identifier comment inciter plus d'enseignants à faire de l'intégration, à passer du singulier au pluriel. Les facilitateurs ainsi que les ingrédients essentiels pour développer les activités et assurer leur opérationnalisation en salle de classe sont maintenant mieux connus, mais du chemin reste à franchir quant aux manières de convaincre plus d'enseignants d'emboîter le pas. Notre intuition nous incite à regarder les effets à long terme d'une formation initiale universitaire plus sensible à l'enseignement de la technologie et des techniques s'y rattachant ou encore à différentes modalités de formation continue ou de recherches participatives dont les enseignants de partout au Québec auraient bien besoin.

Enfin, une autre limite concerne le focal de l'intégration qui était uniquement porté sur les liens entre sciences et technologie. Il serait pertinent que les recherches futures puissent ouvrir à davantage de possibles en matière d'interdisciplinarité, notamment en considérant l'intégration d'éléments de mathématiques ou encore de sciences sociales. Ce mouvement sera éventuellement nécessaire si la définition des problèmes ou de contextes tend vers un réalisme de plus en plus grand.

Quant aux retombées, deux registres peuvent être circonscrits. Un premier registre s'attarde principalement à l'impact de la recherche sur l'avancement des connaissances scientifiques. Outre le fait qu'elle permette de mieux comprendre l'intégration des ST en classe de ST du secondaire, cette recherche trouve sa pertinence théorique à trois niveaux. D'abord, l'étude propose des définitions formelles des concepts clés, notamment d'intégration des ST, ainsi que des critères de pratique d'enseignement

compatibles. Il s'agit d'un échafaudage théorique important sur lequel pourront s'appuyer les recherches à venir qui pourront également le faire évoluer. Ensuite, elle propose un cadre de référence qui permet de décrire les activités d'intégration à l'intérieur de la réalité scolaire québécoise. Les résultats démontrent que ce cadre permet une lecture éclairée des activités et peut aussi être aisément réinvesti par d'autres recherches sur le sujet. Enfin, la présente recherche a permis de préciser des caractéristiques des activités d'intégration des ST ainsi que des pratiques d'enseignement présentes dans la littérature, de montrer leur importance relative et d'en révéler de nouvelles dimensions.

Le second registre concerne l'impact de la recherche dans la pratique, soit au sein des formations initiale ou continue et du milieu scolaire. Cette thèse offre à cet égard un potentiel de retombées nombreuses. Cela a été évoqué, il est souhaité que les études de cas réalisées puissent mener à l'ajustement des pratiques dans le domaine, notamment en suscitant de l'intérêt chez les praticiens. Pour la formation initiale, elle permet d'apporter des connaissances et des exemples susceptibles d'alimenter la formation des futurs enseignants à l'égard de l'intégration des ST. Cela est espéré, cette thèse rappelle aussi l'importance pour les formateurs universitaires de faciliter la mise en œuvre d'activités d'intégration de ST en outillant davantage les étudiants en formation à l'enseignement. Il peut s'agir entre autres d'aider les aspirants à la profession à trouver leur place à travers des dispositifs pédagogiques où les élèves sont au centre de leurs apprentissages ou encore de favoriser la conception d'activités d'apprentissage interdisciplinaires. Force est de reconnaître que plus les futurs enseignants auront d'expériences nombreuses et positives en la matière, et plus cela conduira ultimement au succès des initiatives d'intégration en milieu scolaire. La formation initiale est un lieu propice où faire naître un sentiment de confiance face à la capacité des futurs enseignants à mettre en œuvre de telles activités, sentiment qui saura sans doute ensuite grandir tout au long leur carrière. Cette recherche jette également les bases pour favoriser le développement professionnel des enseignants en exercice. Rappelons les propos de Berliner (1986) sur les retombées de recherches qui se sont intéressées au travail et aux pratiques des enseignants qui font état d'un sentiment de fierté accru à l'égard de leur profession et ont su susciter de l'enthousiasme, de l'optimisme et de la motivation dans le milieu scolaire en général. Il est désiré que la contribution faite par ce projet de recherche puisse s'inscrire dans cette force positive. Entre autres, les cas décrits peuvent offrir aux praticiens de bons exemples d'activités, issues du milieu scolaire, qui pourraient les inspirer et leur permettre de comprendre comment faire de même dans leur milieu. Finalement, pour les gestionnaires et les personnes qui soutiennent les enseignants au quotidien, cette recherche définit plus précisément leur apport ainsi que le contexte à mettre en place pour les aider à déployer davantage

d'initiatives d'intégration des ST. Il apparaît à cet égard judicieux de favoriser la collaboration et des échanges entre les enseignants au sein de leurs équipes pédagogiques.

Finalement, les nouvelles connaissances ayant émergées de cette recherche trouveront leur voie vers les divers intervenants cherchant à faciliter et à promouvoir une formation scientifique et technologique intégrée. Le changement qui pourrait en découler favoriserait l'émergence chez des élèves d'une culture scientifique et technologique plus forte, ce qui désormais est indispensable dans le contexte d'une société en mouvance. Après tout, les élèves sont les acteurs du monde de demain, ce qui justifie amplement les efforts investis pour leur offrir une formation de qualité qui les propulsera sur cette voie.

ANNEXE I

Grille d'observation qualitative

Quelles activités d'apprentissage et quelles pratiques d'enseignement définissent une mise en œuvre effective de l'intégration des sciences et de la technologie en classe de ST du secondaire?

Enseignant : _____ # séance d'observation : _____ (p.ex. 3/5)				
Grille d' observation en salle de classe (enseignant)	Notes descriptives (Éléments observés)		Notes personnelles	Notes méthodologiques (Date, heure, environnement physique)
	Visée(s) de l'initiative	Forme(s) d'intégration repérées (Concepts, démarches, disciplines, etc.)		Date, heure, lieu
	Pratiques d'enseignement observées (Contextualisation /Apprentissages [disc/int] /démarches ouvertes/Évaluation)	Opérationnalisation		Environnement physique
	Rôle(s) des élèves	Rôle(s) de l'enseignant		Autres

ANNEXE II

Feuille de route-Entretien semi-dirigé

FEUILLE DE ROUTE POUR LES ENTRETIENS

Projet de recherche

Salutations d'usage et but de l'entretien:

- Se présenter comme quelqu'un qui cherche à comprendre une situation que l'interlocuteur connaît mieux que soi, de par son expérience.
et
- Exprimer à quel point nous sommes heureux de sa PRÉCIEUSE participation au projet.

Rappeler le but principal de l'entretien BUT :

- *On cherche à mieux comprendre comment se vit l'enseignement intégré des sciences et technologie dans sa classe,*
- *et comment il concilie sa vision dans le cadre particulier d'une SEA.*

Bref rappel des buts de la recherche :

- *Identifier des situations d'enseignement/apprentissage employées par des enseignants du secondaire où l'intégration en ST est manifeste;*
- **Documenter et examiner ces situations d'intégration en ST**
- **Identifier les pratiques d'enseignement mobilisées par les situations d'intégration en ST**
- *Dégager les particularités et les invariants de ces pratiques d'enseignement*

Rappel des normes de confidentialité et du droit de refus:

Je vous rappelle que :

- *Un souci de confidentialité constant sera présent tout au long du processus.*
- *Toute publication ultérieure ne permettra en aucun temps de vous identifier.*

De même :

- Vous avez le droit de refuser de répondre ou non aux différentes questions qui vous seront posées. (c'est votre privilège et votre droit!).

APRÈS L'ENTRETIEN :

Remerciements d'usage...

Témoigner de tout l'intérêt que vous avez pour ce qui a été dit. Combien nous sommes reconnaissants!

L'APRÈS... QUELQUES NOTES GÉNÉRALES (JOURNAL DE BORD)

Le climat :	
Le déroulement :	
L'attitude générale :	
Les éléments évités :	
Les éléments développés davantage :	
Autres observations :	

ANNEXE III

Guide d'entretien- Entrevue *a priori*

QUESTIONNAIRE DE L'ENTREVUE INITIALE PROJET INTEGRATION DES ST

QUESTIONNAIRE A L'INTENTION DES ENSEIGNANTES ET DES ENSEIGNANTS DU SECONDAIRE

Grille d'entrevue individuelle

Intervieweur	Personne interviewée		
École	Date d'entrevue	Enseignant(e)	
		<input type="checkbox"/>	Femme
		<input type="checkbox"/>	Homme

Bloc 1 : Formation (initiale et continue)

A) FORMATION EN ENSEIGNEMENT (TECHNIQUE, BACC, MAITRISE, ETC.)

Type de formation	Durée de la formation	Lieu de la formation	Titre du diplôme obtenu	Année

B) FORMATION CONTINUE

Type de formation	Durée de la formation	Lieu de la formation	Titre du diplôme obtenu	Année

C) EXPERIENCE EN ENSEIGNEMENT

Questions	Information requise	Commentaire

1) Depuis combien de temps (d'année) enseignez-vous au secondaire? a. Depuis combien de temps enseignez-vous en ST (le cas échéant d'un changement de domaine)?	Années d'expérience en enseignement	
2) Actuellement, vous enseignez à quel(s) niveau(x) scolaire(s) et dans quel(s) profil(s) de formation?	ATS, ST, STE, SE, Physique ou Chimie	

Bloc 2 : Vision/Intérêt pour les ST

A) FORMATION(S)/INTÉRÊT(S) SPÉCIFIQUE(S) AUX ST		
Questions	Information requise	Commentaire
1. Dans votre vie quotidienne, comment vous intéressez-vous aux sciences?	Intérêt pour les sciences dans la vie quotidienne	
2. Dans la formation que vous avez reçue, à quand remonte votre dernier cours de sciences?	Dernier cours de sciences	
3. Dans votre vie quotidienne, comment vous intéressez-vous à la technologie?	Intérêt pour la technologie dans la vie quotidienne	
4. Avez-vous reçu une formation particulière en technologie ? Le cas échéant, à quand remonte votre dernier cours dans cette matière ?	Dernier cours en technologie	
5. Est-ce que vous consultez des médias scientifiques? Si oui, lesquels? (Journaux scientifiques, émissions de télé, revues, médias sociaux, etc.) a. Quel(s) sujet(s) vous intéresse(ent) le plus lorsque vous consultez ces médias?	Formation continue dans les médias scientifiques	
6. Disposez-vous d'un support pédagogique quelconque de l'école ou de la commission scolaire pour votre formation en ST ? Si oui, quelle(s) forme(s) prend ce support?	Support pédagogique des collègues, d'un CP et autres	
7. En général, quel(s) sujet(s) vous intéresse(ent) le plus en ST ?	Intérêt(s) pour les ST (le programme, le contenu des activités, les thèmes abordés,	

a. En considérant tout ce qui a trait à la technologie, vous considérez-vous très intéressé (e), moyennement intéressé (e), passablement intéressé (e) ou très peu intéressé (e) ? Expliquez votre réponse.	les conditions de réalisation, les expériences, l'actualité, etc.)	
---	--	--

B) RAPPORT (EPISTEMOLOGIQUE) AUX SCIENCES ET LA TECHNOLOGIE

Questions	Informations requises	Commentaire
8. Pour vous, qu'est-ce : 1.1. qu'une science ? 1.2. que la technologie ?	Vision des sciences et de la technologie	
9. Selon vous, y a-t-il un lien entre les sciences et la technologie ? S'il y a un lien, comment le définiriez-vous?	Arrimage des sciences et de la technologie	
10. Selon vous, pourquoi est-ce important d'enseigner les ST en 2019?	Rôle(s) ou fonction des ST	

C) DEGRE D'AISANCE AVEC LES SUJETS (ENSEIGNES) EN ST

Questions	Informations requises	Commentaire
11. Considérant l'enseignement des ST dans son ensemble, certains contenus sont-ils pour vous plus faciles à enseigner ? a. Selon vous, qu'est-ce qui les rend plus faciles à enseigner ?	Maîtrise du contenu	
12. Inversement, considérant l'enseignement des ST dans son ensemble, certains contenus sont-ils pour vous plus difficiles à enseigner ? a. Selon vous, qu'est-ce qui les rend plus difficiles à enseigner ?	Quel contenu est difficile à enseigner	
13. (SI NON-ABORDÉ) Comment décrivez-vous votre degré d'aisance à enseigner la technologie ? Expliquez votre description.	Maîtrise de la technologie	

Bloc 3 : Enseignement et intégration des ST

A) APSECTS GENERAUX DES PRATIQUES D'ENSEIGNEMENT ET CONTEXTES

Questions	Informations requises	Commentaire
<p>14. Pouvez-vous nous décrire l'environnement physique de votre classe ?</p> <p>a. Utilisez-vous cette même classe lors de laboratoires en sciences ou d'activités en technologie ? Dans l'affirmative, pouvez-vous nous décrire l'environnement physique de ces autres classes ?</p>	Description des lieux physiques (environnement) décrits comme étant associés à la science (laboratoires, atelier et autres)	
<p>15. Globalement, quelle(s) méthodes d'enseignement (approches pédagogiques) privilégiez-vous pour l'enseignement des ST et pourquoi?</p> <p>a. Pourriez-vous donner un ou des exemples communs de l'emploi de ces méthodes tel que vous les utilisez en classe ?</p> <p>b. Ces méthodes sont-elles sensiblement les mêmes lors de l'enseignement de la technologie ? Donner un exemple au besoin.</p>	Approches pédagogiques, donner des exemples au besoin : Par découverte guidée; Par résolution de problèmes; Par le design Par démonstration; Par exposé magistral; Par induction et déduction; Par collaboration.	
<p>16. (SI NON-ABORDÉ Q#15) Quelle place accordez-vous à l'investigation ou à la conception dans votre enseignement ?</p> <p>a. Faites-vous appel à d'autres démarches propres aux ST lors de l'enseignement ?</p>	Emploi des démarches en ST	
<p>17. Comment percevez-vous votre rôle d'enseignant(e) lorsque vous enseignez en ST ?</p> <p>a. (Si PERTINENT) Ce rôle est-il changé depuis la réforme ?</p>	(Médiateur; Animateur; Guide; Transmetteur de connaissances; Gestionnaire de la discipline; Expert; etc.)	
<p>18. Quels rôles ont vos élèves durant les activités de ST ?</p> <p>a. Quelle(s) attitude(s) encouragez-vous en classe de la part de vos élèves?</p>	Rôle(s) des élèves Attitude chez les élèves	
<p>19. En général, vous arrive-t-il de développer votre matériel pédagogique ?</p> <p>a. Ce matériel conçu touche (environ) quelle proportion (pourcentage) de votre enseignement?</p> <p>b. Normalement, comment vous procédez-vous pour élaborer ce matériel ?</p> <p>c. Quelles sont vos sources de référence pour élaborer votre matériel pédagogique?</p>	Transposition didactique	

20. Utilisez-vous un manuel de référence (ou cahier d'apprentissage) dans l'enseignement quotidien des ST ? a. Le cas échéant, quelle(s) utilisation(s) en faites-vous ?	Fonctions du manuel (p.ex. contenus, lectures, exercices, SAÉ, etc.)	
21. Est-ce que les technologies de l'information vous sont utiles lorsque vous enseignez les sciences-techno ? Comment ?	Technologies de l'information, Internet et autres	

B) LES PRATIQUES D'ENSEIGNEMENT EN INTEGRATION

Questions	Informations requises	Commentaire
<i>Pratiques favorisant la contextualisation/problématisation des apprentissages en ST</i>		
22. Selon vous, à quoi réfère l'idée de contextualiser les apprentissages en ST ? a. Pourquoi est-ce important de le faire? b. Vous arrive-t-il régulièrement de faire appel à la contextualisation ? Le cas échéant, de quelle(s) manière(s) contextualisez-vous les apprentissages en ST. Donner un exemple au besoin.	Contextualisation/Problématisation Partir des questions des élèves/Vie quotidienne/ Travail de problématisation/ Démarches en ST/DGF	
<i>Pratiques permettant le développement d'habiletés/compétences liées aux ST; permettant l'exploration de savoirs disciplinaires et intégrés; permettant le développement d'une connaissance des interactions STES</i>		
<i>Pratiques d'évaluation en lien avec les compétences inhérentes aux ST et la CST; permettant la régulation des apprentissages</i>		
23. Comment assurez-vous le développement des compétences disciplinaires ? a. Une d'entre-elles est-elle davantage importante à vos yeux ? Expliquez si possible.	Savoirs disciplinaires (savoirs, savoirs-faire)	
24. Le cas échéant, comment assurez-vous le développement des compétences transversales ? a. Certaines d'entre-elles sont-elles davantage importantes à vos yeux ? Expliquez si possible.	Savoirs intégrés (résolution de problème, collaboration, transfert des apprentissages, etc.)	

<p>25. Quelle(s) stratégie(s) d'évaluation employez-vous principalement dans votre enseignement quotidien ?</p> <p>a. Et ces stratégies touchent quel(s) objet(s) d'évaluation principalement ?</p>	<p>Pratiques d'évaluation (formative, sommative, régulation, etc.)</p> <p>Objets d'évaluation (Savoirs, compétences, démarches, etc.)</p>	
<p><i>Des pratiques articulant des démarches ouvertes et centrées sur l'élève</i></p>		
<p>26. En quoi est-ce important pour vous que vos élèves soient «actifs» lorsqu'ils apprennent les ST ?</p> <p>a. Pouvez-vous donner un exemple réel de situation où vos élèves le sont ?</p>	<p>Centration des apprentissages sur l'élève</p>	
<p>27. Selon vous, à quoi réfère l'«ouverture» des activités d'apprentissage en ST ?</p> <p>a. En quoi est-ce important pour vous que vos situations d'apprentissage aient cette caractéristique d'ouverture ?</p>	<p>Degré de libre-choix et d'autonomie des élèves dans l'apprentissage</p>	

<i>Intégration en ST</i>		
28. Dans vos mots, à quoi réfère le principe d'intégration en ST ? a. En quoi est-ce important de le faire en enseignement des ST ?	Décloisonnement des matières et articulation des savoirs autour d'enjeux/problèmes réels (Inter, multi, pluri, trans, etc.)	
29. Comment l'intégration se manifeste-t-elle dans votre enseignement ? Donner un ou des exemples au besoin.	Hybridation des savoirs (univers) ou des démarches; Interdisciplinarité, etc.	
30. Quel(s) obstacle(s) entrevoyez-vous à faire de l'intégration en ST ?	Formation, environnement scolaire, technologie, etc.	
31. Lorsque vous êtes en contexte d'intégration des ST, est-ce que votre rôle est le même que celui que vous avez décrit précédemment ?		

Bloc 4: Description de la SEA/SAÉ choisie

Questions	Informations requises	Commentaire
32. Qu'est-ce qui vous a conduit à développer cette SEA en particulier ? a. Est-ce que ce sera la première mise à l'essai de la situation ?	Contexte de développement (les motifs)	
33. Quels sont les élèves cibles de cette situation ?	(Niveau ?; Profil ?)	
34. Quelle est l'intention pédagogique (objectifs/buts/cibles en terme d'apprentissage) de cette SEA/SAÉ ?	Les buts	
35. Globalement, la SEA permet de travailler (le cas échéant): a. Quel(s) domaine(s) général(aux) de formation ? b. Quel(s) savoir(s) essentiel(s) ? c. Quelle(s) démarche(s) en ST ? d. Quelle(s) compétence(s) disciplinaire(s) et/ou transversale(s) ?	Les liens avec le programme de ST	

<p>36. Quelles sont les grandes étapes prévues du scénario pédagogique de cette situation ?</p> <p>a. Quel est le contexte de départ ? b. Débute comment (contextualisation) c. Se déroule comment (réalisation) d. Se conclue comment (intégration)</p>	<p>Scénario (Déroulement) de la situation</p>	
<p>37. Comment l'intégration en ST est-elle prise en charge dans cette SAÉ ?</p>	<p>Hybridation des savoirs (univers) ou des démarches (même Sit ped.) ; Interdisciplinarité, etc</p>	
<p>38. Comment décririez-vous votre rôle dans cette SAÉ ?</p>		
<p>39. Comment décririez-vous le ou les rôles des élèves dans cette SAÉ ?</p>		

Bloc 5 : Questions supplémentaires

Questions	Informations requises	Commentaire
<p>40. Avez-vous été dérangé par certaines questions? Lesquelles?</p>	<p>Questions qui ont dérangé, difficultés lors de l'entrevue</p>	
<p>41. Trouvez-vous cet exercice pertinent? Pourquoi?</p>	<p>Pertinence de l'exercice</p>	
<p>42. Aimeriez-vous ajouter quelque chose suite à ce que vous venez d'exprimer?</p>	<p>Ajouter autre chose</p>	

Nous sommes très reconnaissants de votre témoignage et merci beaucoup d'avoir pris le temps de participer à cette recherche

ANNEXE IV

Analyse synoptique - Activité Le jeu de Kermesse (Caroline)

Niveaux	Repères	Matériel	Description	Intégration des ST
Observation	Minutage			Cadre descriptif de l'intégration (catégorie émergente) Pratiques d'enseignement
1 Phase de contextualisation de l'activité (Macro)				
1:1	P1-1 [00:00- 41:18]	Projecteur Cahier de l'élève P1 Tablette numérique Composantes électriques (ampoule DEL, source d'énergie, résistance, fil) Grille d'évaluation de la SAÉ.	<p>Présentation de l'activité par l'enseignante</p> <p>L'enseignante [Caroline] fait une importante introduction à l'activité . Elle débute en donnant quelques consignes générales. Elle précise notamment que ce sera une SAÉ de CD1 qui pourra se faire seul ou en équipe de 2 ou 3 élèves. Étant donné qu'une partie du projet doit être réalisée en dehors des heures de classe (volet fabrication), l'enseignante [Caroline] invite les élèves à bien réfléchir à la composition de leur équipe (e.g. difficulté à se rencontrer la fin de semaine, accès à un atelier à la maison, etc.). Elle présente le Cahier de l'élève via le projecteur et invite parallèlement les élèves à sortir leur tablette numérique pour suivre les explications. L'enseignante fait la lecture de la mise en situation en apportant plusieurs explications ayant trait aux contraintes du cahier des charges (notamment que le jeu doit être fonctionnel et qu'il doit être adapté à des enfants de plus jeune âge) ainsi que sur l'utilisation adéquate du matériel. Elle précise aux élèves qu'elle souhaite qu'ils utilisent des matériaux recyclés pour construire leur prototype. Elle martèle aux élèves qu'il est important de se planifier adéquatement (Cahier de charge p.3) afin de réussir cette activité. Elle explique la stratégie d'évaluation qu'elle emploiera pour évaluer le travail des élèves: l'enseignante mentionne explicitement qu'elle saura tenir compte de la complexité des projets lors de l'évaluation. Enfin, elle présente des jeux de Kermesse qui ont été réalisés par des élèves les années antérieures. Elle demande aux élèves d'annoter les dates importantes dans leur agenda, soit de la seconde période de l'activité (présentation des jeux en classe) et de la remise du cahier de l'élève complété.</p>	<p>PE-Démarche L'enseignante donne les directives oralement en appuyant ses explications des parties du cahier de l'élève qu'elle montre simultanément aux élèves.</p> <p>PE-Contextualisation L'enseignante s'assure de la compréhension des élèves des contraintes (du problème) du cahier des charges. Elle fournit plusieurs explications en ce sens et répond aux différentes questions des élèves.</p> <p>PE-Démarche L'enseignante présente le matériel mis à la disposition des élèves pour la construction du circuit électrique.</p> <p>PE-Évaluation L'enseignante explicite la stratégie d'évaluation ainsi que la grille d'évaluation afin que les élèves comprennent cette composante de l'activité.</p>
1,2 Formation des équipes				
1:2	P1-1 [41:18-1:13:45]	Cahier de l'élève Tablette numérique	<p>Les élèves se déplacent dans la classe afin de former des équipes. Les équipes se forment rapidement. Les équipes ont le reste la période pour trouver leur concept de jeu de Kermesse. Plusieurs équipes utilisent leur tablette numérique pour faire des recherches afin de s'inspirer. L'enseignante circule et valide les idées des équipes. Elle distribue également le matériel pour les circuits électriques.</p> <p>Quelques équipes débutent la rédaction du cahier de l'élève (P2-P3-P4).</p>	<p>PE-Démarche L'enseignante utilise des points de contrôle (validation du concept) pour s'assurer que le projet des élèves évolue dans la bonne direction.</p>
2 Phase de réalisation de l'activité [Macro]				
2.1 Conception et fabrication du jeu de Kermesse				

Cette partie a été réalisée à la maison par les élèves. Aucune observation n'a pu être faite en ce sens. Voir toutefois l'entrevue finale pour les observations de l'enseignante [Caroline] quant à cette portion de l'activité.

Composantes électriques
(ampoule DEL, source d'énergie,
résistance, fil)

Rub 3-Ajustements à l'environnement: Étant donné que l'école ne dispose pas d'atelier de technologie, la partie «fabrication» de l'activité est prise en charge par les élèves à la maison.

3		Phase d'intégration [Macro]
3.1	P2-1 [00:00-03:49]	<p>Présentation générale par l'enseignante du déroulement de la partie «présentation» de l'activité.</p> <p>En début de période, l'enseignante [Caroline] explique le déroulement du cours: les équipes auront à se déplacer à l'avant pour présenter leur jeu de kermesse. Chaque équipe devra répondre aux questions suivantes: 1) Expliquer le fonctionnement (les règlements ou autres) de votre jeu, 2) Quels matériels électriques avez-vous utilisés?, 3) Quelles difficultés avez-vous rencontrées?, 4) Quel est votre niveau de satisfaction (sur 10), et 5) Prise de photos.</p>
3.2	P2-1 [03:49-1:00:54]	<p>Présentation par les élèves de leurs jeux de kermesse et essais de ceux-ci par l'enseignante.</p> <p>Les équipes se présentent à tour de rôle à l'avant de la classe et répondent aux différentes questions. Les élèves mentionnent avoir travaillé entre 5 et 17 hrs sur leur jeu de kermesse. Plusieurs équipes ont éprouvé des difficultés: bruler l'ampoule DEL, difficulté à passer de «l'idée» à la réalité, difficulté à «réfléchir» leur circuit électrique, difficulté à installer/fabriquer l'interrupteur (fermer leur circuit) de leur circuit, gestion de l'horaire pour le travail d'équipe, programmation ardue d'une puce arduino. L'enseignante anime les présentations, pose des questions aux besoins et teste chacun des prototypes pour vérifier la fonctionnalité de ceux-ci. Ainsi donc, il s'agit moins d'une présentation orale qu'une discussion interactive avec les élèves.</p>
3.3	P2-1 [1:00:54-1:08:55]	<p>Essais des jeux de kermesse par les élèves de la classe.</p> <p>Les élèves circulent dans la classe et font les essais (avec enthousiasme) des différents jeux de kermesse.</p>

PE-Démarche L'enseignante donne les directives oralement concernant le déroulement de cette portion de l'activité. Elle fait également un rappel des livrables (prototype et cahier de l'élève) et de la stratégie d'évaluation de l'activité.

Rub 1-Les visées de l'intégration: Les prototypes de jeu de kermesse présentés sont tantôt simples, tantôt complexe (bon nombre d'équipes ont choisi d'intégrer plus de composantes électriques que ce qui était exigé au départ); La plupart, sinon l'intégralité de ceux-ci semble répondre aux contraintes du cahier des charges initial (ZPD).

PE-Apprentissages intégrés: Les difficultés/problèmes rencontrés par les équipes témoignent d'apprentissages potentiels en cohérence avec les activités d'intégration en ST (à la fois disciplinaires et transversales).

ANNEXE V

Analyse synoptique - Activité Le planeur (Marc)

Niveaux	Repères	Matériel	Description	Intégration des ST
Observation	Minutage			Cadre descriptif de l'intégration (catégorie émergente) Pratiques d'enseignement
1 Phase de contextualisation de l'activité (Macro)				
1.1	P1-0 [00:00-22:04]	Classe régulière	<p>Contextualisation du cours #1: Introduction (sommaire) à l'activité par l'enseignant</p> <p>L'enseignant [Marc] accueille les élèves en classe avant le début du cours. Le cours débute et l'enseignant prend quelques minutes pour présenter brièvement le chercheur au groupe d'élèves et discuter de son parcours en sciences et technologie. L'enseignant discute ensuite oralement avec les élèves afin de positionner l'activité du planeur par rapport aux autres projets de technologie réalisés durant l'année et des quelques (nouveaux) défis qui se présenteront à eux lors de cette activité.</p>	<p>Rub 2-Nature en ampleur de l'intégration: L'activité se déroule sur sept (7) périodes de 75 minutes.</p> <p>Rub 1-Les visées de l'intégration: L'enseignant profite de la présence du chercheur pour discuter des carrières en sciences en le questionnant sur son parcours.</p>
Retour sur les connaissances antérieures (le vol)				
1.2	P1-0 [P1-0 22:04-24:14]	Classe régulière	<p>L'enseignant [Marc] conduit une discussion interactive avec les élèves. Celles-ci débute par une question générale adressée aux élèves : «Qu'est-ce que ça prend pour voler?» Les élèves apportent plusieurs éléments de réponse tels que des ailes, de l'air, la portance ou la gravité sans en comprendre nécessairement tous les tenants et aboutissants. L'enseignant fait des itérations entre les réponses des élèves et ce que déjà il est possible d'en déduire sur la fabrication prochaine de leur planeur.</p>	<p>Rub 2-Nature et ampleur de l'intégration: Maillage (effectif) entre les concepts scientifiques liés au vol (gravité, portance, vitesse, déplacement de l'air, traînée) et la conception (démarche technologique) d'un planeur. Selon mes observations: discipline pivot = technologie (démarche de conception et savoir-faire technique); discipline périphérique= savoirs scientifiques venant en appui à la démarche de conception.</p> <p>PE-Démarche L'enseignant fait un retour sur les connaissances antérieures liées vol à partir de questions posées aux élèves.</p>
Amorce sur l'aviation (technologies) et les concepts scientifiques liés au vol				
1.3	[P1-0 24:14-29:51; P1-1 00:00-27:14; P1-2 00:00-11:34]	Classe régulière	<p>L'enseignant se dirige ensuite vers le TBI afin d'y diffuser des images ayant trait au domaine de l'aviation. Il diffuse des photos/exemples remarquables d'avions tels que l'airbus A-380 mais également des contre-exemples tels que le concorde ou des dirigeables (Zeppelin).</p> <p>TBI</p> <p>La présentation se poursuit ensuite par la diffusion d'une capsule vidéo de l'illusionniste Luc Langevin pour introduire le concept de gravité. Tout au long de la présentation l'enseignant n'hésite pas à interrompre la vidéo pour ajouter des informations (oralement ou par écrit directement sur le TBI) concernant les savoirs scientifiques qui sont traités et importants pour comprendre le fonctionnement du vol des planeurs. Il fait également une rapide démonstration à l'aide d'une feuille sur laquelle il souffle (au-dessus de la feuille afin qu'elle se soulève) afin de montrer l'effet de la circulation de l'air sur celle-ci.</p> <p>TBI</p> <p>L'enseignant [Marc] présente aux élèves quelques prototypes (i.e. planeur du commerce, réalisations des élèves des années passées) de planeurs existants afin de faire ressortir des caractéristiques de ceux-ci. Marc en profite pour mettre en lumière des concepts de planeur astucieux (exemples) ou, au contraire, des concepts moins fonctionnels (contre-exemples).</p> <p>Prototypes existants de planeur</p>	<p>PE-Contextualisation L'enseignant utilise le numérique afin de diffuser du contenu permettant de contextualiser l'activité.</p> <p>PE-Apprentissages intégrés: L'enseignant utilise le numérique pour approfondir les savoirs scientifiques plus abstraits (p.ex. la gravité, la portance, circulation de l'air sur une aile, la traînée) liés au projet afin d'en dégager des éléments de transfert pour la conception (démarche technologique) de leur planeur.</p> <p>PE-Démarche L'enseignant signale aux élèves que l'erreur est permise, qu'elle sera au rendez-vous et que c'est comme cela que l'on apprend lorsque l'on fait de la conception.</p>

L'amorce se termine par la diffusion sur le TBI d'une vidéo de « C'est pas sorcier » expliquant le fonctionnement du vol. Encore une fois, tout au long de la présentation l'enseignant n'hésite pas à interrompre la vidéo pour ajouter des informations oralement ou des éléments schématiques par écrit directement sur le TBI concernant les savoirs scientifiques qui sont traitées et importants pour comprendre le fonctionnement du vol des planeurs. Il fait des liens avec des élèves du groupe qui peuvent piloter des planeurs grâce à leur implication dans les cadets de l'air. Enfin, Marc fait une brève incursion (majoritairement à l'oral) sur les matériaux utilisés pour construire des planeurs, et ce, en discutant de l'histoire de l'aviation.

PE-Apprentissages intégrés: L'enseignant utilise le numérique pour approfondir les savoirs scientifiques plus abstraits (p.ex. la gravité, la portance, circulation de l'air sur une aile) liés au projet afin d'en dégager des éléments de transfert pour la conception de leur planeur. **PE-Contextualisation** Fait des liens pertinents entre l'activité des planeurs et des expériences (antérieures) pertinentes d'élèves.

		TBI			
1.5	P1-2 [11:34- 19:25]	Classe régulière	Présentation des contraintes de l'activité	L'enseignant explicite oralement les contraintes du défi des planeurs: le planeur devra voler à l'intérieur d'un corridor (devra voler suffisamment droit), devra être lancé par un élève, devra être léger (choix de matériaux en conséquence) et devra rester en l'air le plus longtemps possible.	
1.5	[P1-2 19:25-27:14; P1-3 00:00- P1-2 02:04]	Classe régulière	Formation des équipes et idéation (croquis) des prototypes initiaux	L'enseignant demande aux élèves de former les équipes. Celles-ci se forment librement. Les élèves doivent produire un croquis de leur prototype en précisant les principales caractéristiques de ce dernier (voir photo du tableau). Enfin, l'enseignant distribue les cahiers de l'élève aux différentes équipes sans en préciser pour le moment l'utilité. L'enseignant termine le cours en circulant entre les équipes pour discuter des croquis et des idées (des concepts) de planeur des élèves.	PE-Contextualisation L'enseignant s'assure de la compréhension des élèves des contraintes (du problème) du cahier des charges. Il fournit plusieurs explications en ce sens et répond aux différentes questions des élèves.
2		Cahier de l'élève	Phase de réalisation de l'activité (Macro)		PE-Démarche L'enseignant circule entre les équipes pour s'assurer que les élèves comprennent bien le mandat qui leur est confié.
2.1	P2-1 [00:00-14:45]	Classe régulière	Contextualisation du cours #2: Rappel des consignes générales de l'activité	L'enseignant [Marc] rappelle oralement et brièvement les principales caractéristiques d'un planeur, les concepts scientifiques inhérents à son fonctionnement ainsi que le mandat de conception qui est confié aux différentes équipes. Il introduit également le cahier de l'élève comme l'élément principal qui servira à l'évaluation de l'activité. Il explique les sections du cahier qui devront être prioritairement complétées tout en donnant des pistes de réponse aux élèves. Lors de l'explicitation du cahier, l'enseignant parle des formules inhérentes à la portance. Il en fait une explicitation qualitative pour en extraire des caractéristiques d'un planeur (p.ex. surface des ailes, masse, etc.). Le groupe se déplace ensuite vers l'atelier de technologie.	PE-Démarche L'enseignant fait des rappels (des suivis) concernant le déroulement de l'activité. PE-Apprentissages intégrés: L'enseignant explicite « qualitativement » les variables de la portance afin d'en dégager des éléments de transfert pour la conception de leur planeur.
2.2	P2-2 [00:00-11:18]	Laboratoire de technologie	Introduction au travail en atelier de technologie	Cette partie du cours débute par une présentation de la TTP des règles de sécurité à respecter. De manière conjointe avec l'enseignant, la TTP présente ensuite les matériaux privilégiés (et non obligatoires) pour la fabrication des planeurs (p.ex. gougon, panneau de coroplaste, etc.).	
2.2	[P2-2 11:18-13:50; P2-3 00:00- P2-2 45:17]	Laboratoire de technologie	Conception et prototypage des planeurs (Partie I)		Rub 3-Opérationnalisation de l'intégration (supports): implication de la TTP pour l'explicitation de consignes en atelier de technologie.

Les élèves débutent la phase de conception. Celle-ci se chevauche rapidement avec la fabrication pour plusieurs équipes (à mi-période, la plupart des équipes sont en fabrication). Parallèlement, l'enseignant ainsi que la TTP circulent entre les équipes pour répondre aux différentes questions des élèves et superviser l'évolution de leur travail. Marc fait une démonstration de manipulation d'un outil servant à couper efficacement le coroplaste (une grilloleuse à tôle). Les élèves ramassent le matériel utilisé à la fin de la période.

PE-Démarche L'enseignant circule entre les équipes pour répondre aux questions qui émergent dans la classe. **PE-Démarche** L'enseignant accompagne ou plutôt donne des conseils quant aux manières de fabriquer des composantes des planeurs. Il prend soin de laisser la responsabilité aux élèves de faire eux-mêmes les manipulations. **PE-Démarche** L'enseignant se montre ouvert à « tester » de nouvelles techniques proposées par les élèves (e.g. du fusil à chauffer et modelage du plastique) et supervise leurs expériences. **PE-Démarche** Les élèves sont, de manière effective, « actifs » dans cette portion de l'activité.

Rub 3-Opérationnalisation de l'intégration (supports): Implication de la TTP pour la supervision de l'utilisation des machines-outils et répond aux questions des élèves.

Outils de fabrication

2.3 P3-1 [00:00-07:45]

Laboratoire de technologie

Contextualisation du cours #3: Suivi du déroulement général de l'activité et des objectifs du cours

L'enseignant [Marc] débute la période en discutant avec les élèves. Il fait d'abord un suivi de l'activité du planeur et des échéances à venir. Il explicite de nouveau ses attentes envers les élèves concernant le projet. Il mentionne notamment vouloir que les élèves communiquent entre-eux davantage et qu'ils trouvent des solutions aux problèmes qu'ils rencontrent pendant la conception/fabrication de leur planeur. Cela doit se refléter dans les informations (e.g. ce qui n'a pas fonctionné (les problèmes), ce que vous avez fait pour y remédier (les solutions)), qu'ils auront à préciser dans leur cahier de l'élève à la section « Les réajustements à la démarche de construction ». Ils demandent donc aux élèves de remplir cette section au fur et à mesure que les essais/réajustements arrivent.

PE-Démarche L'enseignant fait des rappels (des suivis) concernant le déroulement de l'activité.

Cahier de l'élève P8

2.4 P3-1 [00:00-01:15:38]

Laboratoire de technologie

Conception et prototypage des planeurs (Partie II)

Les élèves poursuivent la phase de conception/fabrication de leur planeur. Les équipes discutent de leur concept de planeur; plusieurs discussions entendues entre des élèves démontrent une réflexion assez soutenue de leur concept de planeur (bonne justification de leurs choix). Par exemple, j'ai demandé à une équipe pourquoi elle mettait de la colle pour boucher les trous latéraux du coroplaste; Les élèves m'ont expliqué que c'était pour que l'air n'entre pas dans les trous et que cela fasse davantage de friction (trainée). Une autre équipe s'est intéressée à la masse volumique de la colle à utiliser (colle chaude vs colle contact) pour leur prototype afin de ne pas trop allourdir leur planeur. Certaines équipes privilégient une approche plus traditionnelle de construire un planeur tandis que d'autres optent pour des concepts plus atypiques (p.ex. Voir photo: Prototypes-Aile de dragon). Parallèlement, l'enseignant ainsi que la TTP circulent abondamment entre les équipes pour répondre aux différentes questions des élèves et superviser l'évolution de leur travail. Marc est fortement sollicité par les élèves pour les aider en ce qui a trait à la fabrication, notamment pour savoir quel outil employer en fonction de différents objectifs de fabrication (i.e. pour construire ceci, vous devriez utiliser cela). L'enseignant donne aussi des idées, des manières de faire aux équipes qui semblent prendre du retard. Vers la fin de la période, deux équipes ont fait leur premier essai de vol avec leur prototype. Les élèves ramassent le matériel utilisé à la fin de la période.

PE-Démarche L'enseignant circule entre les équipes pour répondre aux questions qui émergent dans la classe. **PE-Démarche** L'enseignant accompagne ou plutôt donne des conseils quant aux manières de fabriquer des composantes des planeurs. Il prend soin de laisser la responsabilité aux élèves de faire eux-mêmes les manipulations. **PE-Démarche** Les élèves sont, de manière effective, « actifs » dans cette portion de l'activité. **PE-Apprentissages intégrés:** Des réflexions intéressantes sont réalisées par les élèves faisant appel à des concepts de sciences éclairant la démarche de conception technologique. **PE-Évaluation** L'enseignant précise ses attentes envers les élèves concernant l'évaluation de l'activité et donne des conseils aux élèves pour y répondre.

Rub 3-Opérationnalisation de l'intégration (supports): Implication de la TTP pour la supervision de l'utilisation des machines-outils et répondre aux questions des élèves. **Rub 3-Opérationnalisation de l'intégration (Contraintes):** La gestion du matériel est chronophage si ce dernier est mal organisé dans le laboratoire de technologie (p.ex. difficulté à trouver les outils).

Outils de fabrication

2.5 P4-1 [00:00-06:11]

Laboratoire de technologie

Contextualisation du cours #4: Suivi du déroulement général de l'activité et des objectifs du cours

L'enseignant [Marc] débute la période en discutant avec les élèves. Il fait d'abord un suivi de l'activité du planeur, notamment de l'importance de se réajuster. Il fait ainsi une transition sur un réajustement qu'il souhaite faire à l'activité d'apprentissage: le lancement des planeurs. En effet, l'enseignant [Marc] remarque qu'il y a un manque de constance et de précision lors du lancé des planeurs. Ainsi, il propose de construire un « lanceur » (voir photo à cet égard) qui permettra de pallier ce problème. Il demande aux élèves s'ils acceptent cette modification à l'activité. L'enseignant lance ensuite la fabrication/prototypage des planeurs.

Rub 3-Opérationnalisation de l'intégration

(Ajustements): L'enseignant modifie une contrainte du cahier de charges de l'activité: les planeurs seront lancés à partir d'un lanceur plutôt qu'avec le bras, tel que prévu initialement. Il souhaite ainsi corriger les problèmes potentiels engendrés par de mauvais lancements.

PE-Démarche L'enseignant fait des rappels (des suivis) concernant le déroulement de l'activité.

2.6 P4-1 [06:11-01:13:54]

Laboratoire de technologie

Conception et prototypage des planeurs (Partie III)

Les élèves poursuivent la phase de conception/fabrication de leur planeur. Les équipes discutent de leur concept de planeur. Les élèves ramassent le matériel utilisé à la fin de la période.

Outils de fabrication

Rub 3-Opérationnalisation de l'intégration

(supports): Implication de la TTP pour la supervision de l'utilisation des machines-outils et pour répondre aux questions des élèves.

PE-Démarche L'enseignant circule entre les équipes pour répondre aux questions qui émergent dans la classe. **PE-Démarche** L'enseignant accompagne ou plutôt donne des conseils quant aux manières de fabriquer des composants des planeurs. Il privilégie systématiquement de laisser la responsabilité aux élèves de faire eux-mêmes les manipulations. **PE-Démarche** Les élèves sont, de manière effective, « actifs » dans cette portion de l'activité.

2.7 P5-1 [00:00-02:18]

Laboratoire de technologie

Contextualisation du cours #5: Suivi du déroulement général de l'activité et des objectifs du cours

L'enseignant [Marc] débute la période en discutant brièvement avec les élèves et les lancent rapidement en fabrication.

PE-Démarche L'enseignant fait des rappels (des suivis) concernant le déroulement de l'activité.

2.8 P5-1 [02:18-01:14:24]

Laboratoire de technologie

Conception et prototypage des planeurs (Partie IV)

Les élèves se mettent rapidement en action. Parmi les équipes, plusieurs parachèvent la construction de leur planeur (voir photos des planeurs pour exemple) et font des mises à l'essai de ceux-ci (voir vidéo *P5-Essai planeur* pour exemple). Ces mises à l'essai révèlent différents problèmes en lien avec le vol (e.g. le planeur effectue des vrilles lors du lancé, le planeur pique rapidement après le lancé), ce qui poussent les élèves à apporter ou non des modifications (e.g. enlever du poids au planeur, modifier les ailes ou en ajouter) à leur planeur (boucle de la démarche de conception technologique). Les élèves ramassent le matériel utilisé à la fin de la période. [Note du journal de bord: un élève a perdu connaissance durant cette période, ce qui a légèrement altéré le déroulement de la période].

PE-Démarche L'enseignant accompagne les équipes dans la réflexion suite aux mises à l'essai des planeurs. Il questionne les élèves afin de faire émerger des solutions possibles quant aux problèmes rencontrés lors des essais et oriente les élèves vers les modifications à apporter. **PE-Apprentissages intégrés** Les difficultés/problèmes rencontrés par les équipes et les solutions apportées par ces dernières témoignent d'apprentissages potentiels en cohérence avec les activités d'intégration en ST (à la fois disciplinaires et transversaux)

2.8 P6-1 [00:00-08:44]

Laboratoire de technologie

Contextualisation du cours #6: Suivi du déroulement général de l'activité et des objectifs du cours

L'enseignant [Marc] débute le cours en rappelant aux élèves l'échéance prochaine de l'activité des planeurs (reste deux cours, incluant la présente période). Il rappelle aux élèves que le cahier de l'élève est à compléter et insiste particulièrement sur la nécessité de préciser les informations (e.g. ce qui n'a pas fonctionné (les problèmes), ce que vous avez fait pour y remédier (les solutions)) pour compléter la section « Les réajustements à ta démarche de construction ». L'enseignant présente également aux élèves le « lanceur » qui servira désormais aux essais des planeurs. Les élèves sont ensuite invités à poursuivre la fabrication/prototypage de leur planeur.

Cahier de l'élève P8

PE-Démarche L'enseignant fait des rappels (des suivis) concernant le déroulement de l'activité. **PE-Evaluation** L'enseignant précise ses attentes envers les élèves concernant l'évaluation de l'activité et donne des conseils aux élèves pour y répondre.

2.9	P6-1 [08:44-01:15:07]	Laboratoire de technologie	Conception et prototypage des planeurs (Partie V)	<p>Les élèves se mettent rapidement en action. Parmi les équipes, plusieurs parachèvent la construction de leur planeur ou encore complètent les différentes sections du cahier de l'élève. Les équipes poursuivent également les mises à l'essai de leur planeur. De nombreux planeurs réussissent désormais à franchir en vol des distances importantes (entre 3 et 5 mètres).</p>	<p>Rub 3-Opérationnalisation de l'intégration (supports): Implication de la TTP pour la supervision de l'utilisation des machines-outils et pour répondre aux questions des élèves.</p>	<p>PE-Démarche L'enseignant accompagne les équipes dans la réflexion suite aux mises à l'essai des planeurs. Il questionne les élèves afin de faire émerger des solutions possibles quant aux problèmes rencontrés lors des essais et oriente les élèves vers les modifications à apporter.</p>
3		Phase d'intégration [Macro]				
3.1	P7-1 [00:00-08:44]	Classe régulière	Présentation générale par l'enseignant du déroulement de la dernière partie de l'activité.	<p>En début de période, l'enseignant [Marc] fait un récapitulatif interactif (en questionnant les élèves) avec les élèves sur les éléments importants inhérents à l'activité des planeurs. Il rappelle d'entrée de jeu que la relative réussite du vol de leur planeur n'est pas important et qu'il s'agit plutôt d'un prétexte pour mettre en oeuvre une démarche (en l'occurrence démarche de conception technologique). Il fait ainsi un lien avec l'évaluation qui portera davantage sur les différentes parties du cahier de l'élève, qui rend compte de la démarche, que sur le prototype de planeur. L'enseignant [Marc] indique donc aux élèves que lors des essais finaux, il prendra connaissance des informations consignées par les élèves dans leur cahier. Les élèves sont ensuite invités à se diriger vers le laboratoire de technologie.</p>		<p>PE-Démarche L'enseignant fait des rappels (des suivis) concernant le déroulement de l'activité. PE-Évaluation L'enseignant précise ses attentes envers les élèves concernant l'évaluation de l'activité et donne des conseils aux élèves pour y répondre. PE-Démarche L'enseignant donne les directives oralement concernant le déroulement de cette portion de l'activité. Il fait également un rappel des livrables (prototype et cahier de l'élève).</p>
3.2	P7-2 [00:00-33:31]	Laboratoire de technologie	Conception et prototypage des planeurs (Partie VI)	<p>Les élèves se mettent rapidement en action. Les équipes apportent les dernières modifications à leur planeur ou encore complètent les différentes sections du cahier de l'élève. Les élèves travaillent jusqu'à l'ultime moment. L'enseignant mentionne que cela témoigne de l'engagement des élèves dans cette activité.</p>	<p>Rub 3-Opérationnalisation de l'intégration (supports): Implication de la TTP pour la supervision de l'utilisation des machines-outils et pour répondre aux questions des élèves.</p>	<p>PE-Démarche Jusqu'à la fin, l'enseignant accompagne ou plutôt donne des conseils quant aux manières de fabriquer des composantes des planeurs.</p>
3.3	P7-2 [33:31-01:06:41]	Laboratoire de technologie	Essais finaux (évaluation) des planeurs pour les différentes équipes	<p>Les équipes sont invitées à tour de rôle par l'enseignant [Marc] afin de mettre à l'essai leur planeur. Ils ont droit à trois essais et l'enseignant conserve la meilleure distance parcourue pour l'évaluation. Parallèlement, l'enseignant [Marc] questionne (durant les essais) les élèves afin que ces derniers justifient leurs choix de construction (e.g. «pourquoi avoir utilisé deux ailes?», «pourquoi avoir ajouté du poids à l'arrière?», «pourquoi avoir allégé cette partie du planeur?», etc.). Les élèves sont pour la plupart en mesure de justifier leurs choix. Les concepts finaux des planeurs sont hétérogènes et étonnants (voir photos à cet égard).</p>	<p>Rub 1-Les visées de l'intégration: Les planeurs présentés sont tantôt simples, tantôt complexe; La plupart, sinon l'intégralité de ceux-ci semble répondre aux contraintes du cahier des charges initial (ZPD), c'est-à-dire de voler suffisamment longtemps et assez droit.</p>	<p>PE-Démarche L'enseignant questionne les élèves afin que ces derniers justifient la forme actuelle de leur planeur. PE-Apprentissages intégrés: Les difficultés/problèmes disjoints par les équipes témoignent d'apprentissages potentiels en cohérence avec les activités d'intégration en ST (à la fois disciplinaires et transversales).</p>

ANNEXE VI

Analyse synoptique - Activité Le laboratoire de robotique MRUA (Catherine)

Niveaux	Repères		Matériel	Description	Intégration des ST	
	Observation	Minutage			Cadre descriptif de l'intégration (catégorie émergente)	Pratiques d'enseignement
1						
Phase de contextualisation de l'activité (Macro)						
1,1	P1-1 [00:00-07:18]		<p>Présentation de l'activité par l'enseignante</p> <p>L'enseignante [Catherine] distribue le cahier de laboratoire aux élèves. Les élèves s'installent en dyade sur les tables au centre la classe. L'enseignante [Catherine] fait un bref retour sur les connaissances antérieures liées au MRU. L'enseignante [Catherine] donne ensuite les directives quant au déroulement du laboratoire: en équipe de 2, matériel et grandes lignes du protocole du laboratoire. Une deuxième enseignante [responsable de l'option robotique] accompagne l'enseignante [Catherine] pendant le cours. Par le truchement du TBI, elles montrent aux élèves le chemin pour aller chercher les fichiers (capsule youtube, version numérique des Instructions) nécessaires à la réalisation de l'activité. Les enseignantes indiquent quelques écueils potentiels quant au déroulement du laboratoire. Par exemple, font une démonstration de la «bonne» position du robot sur les tables de pratique, savoir comment remplir le tableau des résultats, comment brièvement calculer la pente d'un graphique (avec Excel). L'enseignante [Catherine] explique les principales parties du robot (CPU, Capteur de distance) afin que les élèves comprennent mieux son fonctionnement.</p>	<p>Rub 2-Nature en ampleur de l'intégration: L'activité dure une période de 60 minutes.</p>	<p>PE-Démarche L'enseignant pose des questions oralement aux élèves portant sur leur connaissance du MRU (connaissances antérieures).</p> <p>L'enseignante donne les directives oralement en appuyant ses explications des parties du cahier de laboratoire qu'elle montre simultanément aux élèves.</p> <p>PE-Apprentissages intégrés L'enseignante appuie au besoin ses explications en s'appuyant des liens numériques pertinents par le biais du TBI.</p>	
2						
Phase de réalisation de l'activité [Macro]						
2,1	P1-1 [07:18-56:20]		<p>Étape de programmation du robot (Travail en équipe)</p> <p>L'enseignante [Catherine] demande aux élèves de former des équipes (dyades). Les élèves récupèrent un robot par équipe et s'installent ensuite à un poste de travail (Ordinateur). Les élèves écoutent une capsule web (tutoriel) expliquant la démarche pour programmer leur robot. Cette capsule reprend les étapes présentées dans le «Cahier d'instructions pour la programmation du robot» Les enseignantes circulent dans le local et répondent aux questions/problèmes rencontrés par les élèves (p.ex. problème de pairage Bluetooth, problème de lecture de la vidéo, connexion croisée de deux équipes sur un même robot</p>	<p>Rub 3-Support à l'enseignement: Il y a des enjeux techniques importants, notamment pour la programmation des robots. Il faut être en mesure de répondre aux nombreux problèmes de cette nature pour que l'activité soit viable. À cet égard, la présence de l'enseignante responsable de l'option robotique est nécessaire, car elle répond à de nombreuses questions techniques des élèves.</p>	<p>PE-Apprentissages intégrés Team teaching : Supervision/support «technique» par les enseignantes pour la programmation des robots.</p>	
		Ordinateur				
		Capsule Youtube				
		Interface de programmation EV3 Cahier d'instructions pour la programmation du robot				
		Robot (Trousse Lego EV3)				
2,2	P1-Essai robot		Étape d'essais des robots et de prise de données (Travail en équipe)			

			<p>Lorsque la programmation des robots est complétée, les équipes se déplacent à l'une ou l'autre des tables de pratique afin d'effectuer les essais et la prise de données. En lançant le programme, on observe que le robot démarre, accélère sur la table puis s'arrête. Le capteur ultrason, dont le robot est muni, collige des données décrivant le déplacement effectué par le robot. Certaines équipes rencontrent des problèmes, notamment de trajectoires courbes, lors des essais [Voir note du journal de bord]. Les équipes doivent ainsi effectuer de nouveaux essais afin d'obtenir de «meilleures» données de positionnement.</p>	<p>PE- Contextualisation/Démarches: Les élèves rencontrent des problèmes réels et l'enseignante laisse, dans la mesure du possible, trouver les solutions à ces problèmes.</p>
			<p>Table de pratique (Robotique)</p>	
			<p>Robot (Trousses Lego EV3)</p>	<p>PE- Démarches: Les élèves sont manifestement actifs dans cette partie de l'activité.</p>
2,3	P1-1	Étape d'analyse des données sur Excel (Travail en équipe)		
			<p>Les élèves doivent ensuite extraire les données des essais du robot et les importer dans un tableur Excel. Les élèves écoutent une autre capsule web (tutoriel) expliquant la démarche d'exportation/importation des données et aussi la méthode pour générer des graphiques. Cette capsule reprend les étapes présentées dans le «Cahier de l'élève».</p>	<p>Rub 3-Support à l'enseignement: Il y a des enjeux techniques importants, notamment pour la programmation des robots. Il faut être en mesure de répondre aux nombreux problèmes de cette nature pour que l'activité soit viable. À cet égard, la présence de l'enseignante responsable de l'option robotique est nécessaire, car elle répond à de nombreuses questions techniques des élèves. Rub 3: Ajustements à l'environnement (Gestion du temps)</p> <p>PE-Apprentissages intégrés Team teaching : Supervision/support «technique» par les enseignantes pour la programmation des robots. PE- Démarches: L'enseignante doit également répondre à de nombreuses questions techniques portant sur le transfert des données du robot vers Excel. PE- Apprentissages intégrés: Présentation du contenu «technique» par le biais de capsules virtuelles (tutoriel)</p>
			<p>Cahier de l'élève p1</p>	
			<p>En fait, les élèves ont à faire trois graphiques: 1)position en fonction du temps, 2)vitesse en fonction du temps, et 3)accélération. Au début de l'analyse des données, des équipes se sont rendues compte que le premier graphique généré ne correspondait pas à celui MRUA. Alors ils ont décidé de faire de nouveaux essais afin de prendre de nouvelles données. Les élèves complètent les différentes parties du cahier de laboratoire.</p>	<p>Rub 2-Liens entre les univers d'apprentissage et les démarches en ST: Le point de rencontre entre la démarche expérimentale entreprise et les savoirs scientifiques sous-jacents concerne la production des graphiques (modélisation mathématique) et l'analyse sous l'angle de la théorie des MRUA. Certaines équipes ont vécu des moments intéressants quant aux démarches en science, notamment de boucle (retour en arrière) lorsque la situation l'imposait.</p> <p>PE- Démarches: Les élèves sont manifestement actifs dans cette partie de l'activité. La partie analyse des données semble avoir «engagé» davantage les élèves que la portion programmation PE-Apprentissages intégrés/Contextualisation par problème Certaines équipes ont vécu des moments intéressants quant aux démarches en science, notamment de boucle (retour en arrière) lorsque la situation l'imposait.</p>
			<p>Cahier de l'élève p2</p>	
			<p>Cahier de l'élève</p>	
3		Phase d'intégration [Macro]		
3.1	P1-1 [56:20-60:13]	Cloture de l'activité de robotique		
			<p>Les équipes enregistrent les fichiers Excel pour une impression des graphiques ultérieure. Les élèves rapportent les robots à l'avant. L'enseignante [responsable de l'option robotique] mentionne devoir faire un nettoyage des robots, c'est-à-dire d'effacer les programmes entrés par les élèves en prévision de la tenue de ce laboratoire avec un autre groupe. Certaines équipes restent après la cloche pour compléter le document, d'autres choisissent de le faire en devoir. L'enseignante [Catherine] fait un débriefing avec l'enseignante de robotique sur le déroulement de l'activité. Elles mentionnent être satisfaites du déroulement de l'activité, car il n'y a pas eu de problèmes majeurs.</p>	<p>Rub 3-Ajustements à l'environnement: Plus de temps est offert aux élèves après la classe afin de terminer l'activité.</p>

ANNEXE VII

Analyse synoptique - Activité Le Compteur d'Eau (Carole)

Niveaux	Repères		Matériel	Description	Intégration des ST	
	Observation	Minutage			Cadre descriptif de l'intégration (catégorie émergente)	Pratiques d'enseignement
1 Phase de contextualisation de l'activité (Macro)						
1.1	P1-1 [00:00- 17:27]	Classe régulière	Cahier de l'élève	<p>Contextualisation du cours #1: Introduction (sommaire) à l'activité par l'enseignante</p> <p>L'enseignante [Carole] accueille les élèves en classe avant le début du cours. L'enseignante discute oralement avec les élèves afin de positionner l'activité du compteur d'eau par rapport aux autres projets de technologie réalisés durant l'année (notamment celui du MIM) et des quelques (nouveaux) défis qui se présenteront à eux lors de cette activité. L'enseignante distribue le document (cahier de l'élève); les élèves auront à compléter individuellement le cahier bien qu'ils auront à travailler en équipe. Elle spécifie que le cahier conserve les traces « finales » et donc de ne pas écrire à l'intérieur avant d'être certain que ce soit les bonnes informations. L'enseignante donne beaucoup d'information sur les modalités et exigences par rapport à la marche à suivre pour les élèves lors de l'activité (avant même de parler du projet en soi): parle de l'évaluation, de la date de fin du projet (bien que le nombre de cours ne soit pas défini), etc. Enfin, Carole mentionne que les productions, un peu comme le DGI, seront idiosyncratiques c'est-à-dire qu'elles seront différentes d'une équipe à l'autre.</p>	<p>Rub 2-Nature en ampleur de l'intégration:</p> <p>L'activité se déroule sur sept (9) périodes de 75 minutes.</p>	
1.2	P1-1 [17:27-24:14]	Classe régulière		<p>Visionnement de l'animation vidéo du compteur d'eau</p> <p>L'enseignante [Carole] lit avec les élèves la première partie du cahier de l'élève. Elle explique que dans un premier temps, les élèves devront regarder l'animation du compteur d'eau afin de faire l'analyse technologique de ce dernier (genre de pratique de l'examen du ministère). Lors du visionnement en groupe, l'enseignante mentionne les caractéristiques de la tâche qu'ils auront à faire pour leur examen de fin d'année.</p>		
			Cahier de l'élève P1	Après une partie d'écoute commentée, l'enseignante laisse la vidéo en marche pour le reste de la période afin que les élèves s'y réfèrent pour compléter les parties de l'analyse technologique du cahier de l'élève.		<p>PE-Démarche L'enseignante commente oralement différentes caractéristiques qu'il est possible d'observer sur la vidéo du compteur d'eau.</p>
1.3	P1-1 [24:14- 33:09]	Classe régulière		<p>Présentation des contraintes de l'activité</p> <p>L'enseignante [Carole] fait ensuite une transition vers le mandat de l'activité qui sera de concevoir et construire un compteur d'eau. Elle explicite pour ce faire les contraintes (les charges) associées à la conception technologique: l'eau sera remplacée par des billes, une partie des matériaux sera fournie (fil, interrupteur magnétique, DEL, etc.) et le reste (les matériaux) devra être apporté par les élèves, le sous-système «compteur» devra obligatoirement être fabriqué par les élèves, les dimensions maximales seront de 25cm x 25 cm x 25 cm.</p>	<p>Rub 2-Nature en ampleur de l'intégration (lien S et T): Le projet propose une hybridation des ingénieries mécaniques et électriques (savoirs technologiques), de la démarche de conception technologique (démarche technologique) et des concepts liés aux circuits électriques (savoirs scientifiques); Rub 2-Nature en ampleur de l'intégration (Emphase): Discipline pivot = technologie, Discipline périphérique= sciences. Explication: c'est la démarche technologique qui structure l'activité.</p>	<p>PE-Contextualisation L'enseignante s'assure de la compréhension des élèves des contraintes (du problème) du cahier des charges. Elle fournit plusieurs explications en ce sens et répond aux différentes questions des élèves. PE-Démarche L'enseignante s'appuie beaucoup du cahier de l'élève pour appuyer ses explications de l'activité</p>
1.5	P1-2 [33:09- 01:16:29]	Classe régulière		Formation des équipes et analyse technologique du compteur d'eau (partie I)		

L'enseignante demande aux élèves de former les équipes. Celles-ci se forment librement. Les élèves doivent effectuer l'analyse technologique du compteur d'eau. L'enseignante mentionne à haute voix l'apport de cette portion de l'activité (l'analyse technologique) qui sert à comprendre le fonctionnement de ce système avant de le construire. Les élèves se réfèrent à leur cahier d'apprentissage pour aller chercher les informations nécessaires pour compléter l'analyse technologique. À la fin de la période, plusieurs équipes semblent avoir complété l'analyse technologique du compteur d'eau. L'enseignante (Carole) ramasse les cahiers (pour éviter des égarements éventuels). Enfin, elle propose aux élèves de venir sur l'heure du dîner pour avancer leur projet, au besoin.

PE-Démarche L'enseignante circule entre les équipes pour répondre aux questions qui émergent dans la classe. **PE-Démarche** L'enseignante donne des stratégies ou des trucs généraux pour mieux répondre aux consignes du travail (e.g. «en sciences, on écrit de petite phrases pour ne pas se perdre»). **PE-Démarche** L'enseignante partage beaucoup d'information à haute voix suite à des questions individuelles des élèves (partage d'information au groupe)

Rub 3-Opérationnalisation de l'intégration

(Temps): L'enseignante offre du temps supplémentaire (heure du midi) pour permettre aux équipes qui avanceront plus lentement de rattraper leur retard.

Cahier de l'élève P3

2 Phase de réalisation de l'activité [Macro]

2.1	P2-1 [00:00-12:49]	Classe régulière	<p>Contextualisation du cours #2: Rappel des consignes générales de l'activité</p> <p>L'enseignante (Carole) rappelle oralement et brièvement les consignes concernant l'analyse technologique du compteur d'eau (voir photo du tableau à cet effet) de même que les contraintes qui doivent être respectées pour la conception de leur compteur d'eau (notamment que le sous-système compteur doit être conçu par les élèves). L'enseignante souligne que les élèves devront apporter les matériaux nécessaires à la fabrication de leur prototype de compteur d'eau. Elle rappelle également l'échéancier du projet. Elle insiste sur le fait qu'aucune équipe ne pourra débiter la fabrication sans avoir au préalable terminé leur analyse (point de contrôle pour avoir accès aux outils et au matériel) ainsi qu'avoir produit minimalement un croquis de leur prototype de compteur d'eau. Elle propose de nouveau aux élèves de venir sur l'heure du dîner pour avancer leur projet, au besoin.</p>	<p>Rub 3-Opérationnalisation de l'intégration (ajustement): L'accès au laboratoire de technologie ne sera pas possible durant l'ensemble du déroulement de l'activité. L'enseignante demande dès lors aux élèves de ne pas trop incorporer de matériaux (e.g. le bois) se travaillant avec les machines-outils dans leur prototype de compteur d'eau.</p>	<p>PE-Démarche L'enseignante fait des rappels (des suivis) concernant le déroulement de l'activité. PE-Démarche L'enseignante signale un point de contrôle aux élèves dans le déroulement de l'activité (terminer analyse technologique et croquis avant fabrication) PE-Évaluation L'enseignante précise ses attentes envers les élèves concernant l'évaluation de l'activité et donne des conseils aux élèves pour y répondre.</p>
------------	--------------------	------------------	--	--	---

2.2 L'analyse technologique du compteur d'eau (partie II) et conception/prototypage des compteurs d'eau (Partie I)

2.2	P2-2 [12:49-01:14:34]	Classe régulière	<p>Les élèves reforment les équipes. Les équipes qui n'avaient pas terminé leur analyse technologique s'affèrent à cette tâche tandis que les autres équipes plus avancées se lancent dans la conception de leur compteur d'eau. Les élèves doivent produire un croquis de leur prototype en précisant les principales caractéristiques de ce dernier. Parallèlement, l'enseignante circule entre les équipes pour répondre aux différentes questions des élèves et superviser l'évolution de leur travail. L'enseignante renvoie lorsque nécessaire les élèves à leur cahier lorsqu'ils ont des questions liés au contenu (p.ex. «va dans le chapitre 12, c'est indiqué ce qu'il doit y avoir dans un schéma de principe») ou encore à leur planche à dessin lorsque les croquis ne sont pas suffisamment détaillés. Vers la fin du cours, plusieurs équipes semblent perdre de leur engagement soit parce qu'ils auraient pu commencer la fabrication de leur prototype, soit parce qu'ils trouvent ennuyeux de réfléchir trop longuement à leur prototype de compteur d'eau.</p>		<p>PE-Démarche L'enseignante circule entre les équipes pour répondre aux questions qui émergent dans la classe. PE-Démarche L'enseignante laisse les élèves faire leur propre recherche d'information lorsqu'il s'agit de contenu qui a déjà été vu en classe. PE-Démarche Les élèves sont, de manière effective, «actifs» dans cette portion de l'activité. PE-Démarche (frein) Des élèves sont freinés dans leur élan parce qu'ils ne peuvent débiter la construction de leur compteur d'eau (problème de chevauchement conception/frabrication).</p>
------------	-----------------------	------------------	---	--	---

Cahier de l'élève P6

2.3 Contextualisation du cours #3: Suivi du déroulement général de l'activité et des objectifs du cours

2.3	P3-1 [00:00-02:33]	Laboratoire de technologie	<p>L'enseignante (Carole) distribue les cahiers de l'élève avant le début du cours. Il n'y a pas de «suivi» en tant que tel en début de période. Les équipes se reforment donc et se mettent au travail directement.</p>		
------------	--------------------	----------------------------	--	--	--

2.4 Conception/prototypage des compteurs d'eau (Partie II)

2.4	P3-1 [02:33-00:59:42]	Laboratoire de technologie			
------------	-----------------------	----------------------------	--	--	--

Les élèves poursuivent la phase de conception qui se chevauche désormais avec la fabrication pour quelques équipes. Il y a du cafouillage en début de période quant à la fabrication des prototypes des compteurs d'eau; plusieurs équipes avaient oublié d'apporter les matériaux pour la fabrication (contrainte du cahier des charges). Parallèlement, l'enseignante ainsi que la TTP circulent entre les équipes pour répondre aux différentes questions des élèves et superviser l'évolution de leur travail. L'enseignante rappelle régulièrement les différentes contraintes auprès des élèves (p.ex. « le compteur d'eau doit avoir maximalement 25x25x25 »). Vers la fin de la période, quelques prototypes commencent à prendre forme, mais cela demeure embryonnaire. Les élèves ramassent le matériel utilisé à la fin de la période.

Rub 3-Opérationnalisation de l'intégration

(supports): Implication de la TTP pour la supervision de l'utilisation des machines-outils et répondre aux questions des élèves. **Rub 3-Opérationnalisation de l'intégration**
(Contraintes): La gestion des matériaux est ici problématique, notamment lorsque les élèves sont responsables de l'approvisionnement.

PE-Démarche L'enseignante circule entre les équipes pour répondre aux questions qui émergent dans la classe. **PE-Démarche** Les élèves sont, de manière effective, « actifs » dans cette portion de l'activité. **PE-Contextualisation** L'enseignante rappelle régulièrement les contraintes (du problème) du cahier des charges.

Outils de fabrication

2.5 P4-1 [00:00-05:44]

Laboratoire de technologie

Contextualisation du cours #4: Suivi du déroulement général de l'activité et des objectifs du cours

L'enseignante [Carole] débute la période en discutant brièvement avec les élèves. Elle distribue les cahiers aux élèves et fait un bref suivi du calendrier. Elle laisse ensuite les équipes se mettre au travail.

PE-Démarche L'enseignante fait des rappels (des suivis) concernant le déroulement de l'activité.

2.6 P4-1 [05:44-01:04:42]

Laboratoire de technologie

Conception/prototypage des compteurs d'eau (Partie III)

Les élèves poursuivent la phase de conception/fabrication de leur compteur d'eau. Les équipes avaient apporté davantage de matériaux aujourd'hui; la fabrication était en corollaire davantage en marche. L'enseignante [Carole] ainsi que la TTP circulent abondamment à travers les équipes et s'assurent de l'avancement « positif » des projets. L'enseignante rappelle (à haute voix) constamment les contraintes qui ne semblent pas respectées. Les élèves ramassent le matériel utilisé à la fin de la période.

PE-Démarche L'enseignante circule entre les équipes pour répondre aux questions qui émergent dans la classe. **PE-Démarche** L'enseignante accompagne ou plutôt donne des conseils quant aux manières de fabriquer des composantes des compteurs d'eau et privilégie de laisser la responsabilité aux élèves de faire eux-mêmes les manipulations. **PE-Contextualisation** L'enseignante s'assure du respect (semble inflexible) des contraintes (du problème) du cahier des charges. **PE-Démarche** Les élèves sont, de manière effective, « actifs » dans cette portion de l'activité.

Rub 3-Opérationnalisation de l'intégration

(supports): Implication de la TTP pour la supervision de l'utilisation des machines-outils et pour répondre aux questions des élèves. **Rub 3-Opérationnalisation de l'intégration**
(contraintes): L'accès au laboratoire de technologie ne sera plus possible après la 4e période (indisponibilité du laboratoire)

Outils de fabrication

2.7 P5-1 [00:00-02:36]

Classe régulière

Contextualisation du cours #5: Suivi du déroulement général de l'activité et des objectifs du cours

L'enseignante [Carole] débute la période en discutant brièvement avec les élèves, notamment du fait qu'il reste 4 périodes au projet (incluant le présent cours et la présentation finale). Elle explique que désormais la poursuite de l'activité se déroulera en classe régulière et, par conséquent, que les élèves auront accès uniquement au chariot d'outils manuels de fabrication (e.g. lame, tapis de coupe, ciseaux, fusil à colle chaude, etc.). Elle apporte également quelques précisions quant aux composantes électriques à utiliser; la source d'alimentation sera une batterie AA (le connecteur sera à contruire). Elle laisse ensuite les élèves se mettre au travail.

Rub 3-Opérationnalisation de l'intégration

(ajustement): Précision des contraintes concernant le matériel pour la construction du circuit électrique

PE-Démarche L'enseignante fait des rappels (des suivis) concernant le déroulement de l'activité.

2.8 P5-1 [02:36-57:24]

Classe régulière

Conception et prototypage des planeurs (Partie IV)

Les élèves se mettent rapidement en action. Comme à l'habitude, l'enseignante déambule entre les équipes et s'assure de la mise au travail rapide des élèves. Aussi, étant donné que le cours ne se déroule pas dans le laboratoire de technologie, cela fait que l'enseignante doit aller chercher beaucoup de matériels manquants (non disponibles sur le chariot) au local de technologie ailleurs dans l'école. Les élèves doivent également composer avec les contraintes d'un local moins bien aménagé pour ce genre de projet de fabrication (e.g. les équipes se retrouvent coincées sur les rebords de la classe pour avoir accès à des prises électriques). Les élèves ramassent le matériel utilisé à la fin de la période.

Rub 3-Opérationnalisation de l'intégration

(ajustement): Les outils de fabrication se limitent à des outils manuels de fabrication disponibles sur un chariot. **Rub 3-Opérationnalisation de l'intégration (Contraintes):** La gestion du matériel devient chronophage (va-et-vient de l'enseignante) car beaucoup de matériel demeure dans le local de technologie (p.ex. besoin d'outils demeurés dans le local de technologie).

PE-Démarche L'enseignante circule entre les équipes pour répondre aux questions qui émergent dans la classe. **PE-Démarche** L'enseignante accompagne ou plutôt donne des conseils quant aux manières de fabriquer des composantes des compteurs d'eau et privilégie de laisser la responsabilité aux élèves de faire eux-mêmes les manipulations.

Chariots (outils manuels de fabrication)

2.8	P6-1 [00:00-04:00]	Classe régulière	<p>Contextualisation du cours #6: Suivi du déroulement général de l'activité et des objectifs du cours</p> <p>L'enseignante [Carole] débute le cours en rappelant aux élèves l'échéance prochaine de l'activité des planeurs (reste trois cours, incluant la présente période et le cours dédié aux présentations). Elle fait également un rappel quant aux consignes de propreté de la classe (e.g. saleté sur les tapis de coupe et au sol). Carole interpelle également les équipes qui accumulent du retard dans leur projet; elle les incite à mettre les bouchées double au cours des deux prochains (et derniers) cours de fabrication. Les élèves sont ensuite invités à poursuivre la fabrication/prototypage de leur planeur.</p>		PE-Démarche L'enseignant fait des rappels (des suivis) concernant le déroulement de l'activité.
2.9	P6-1 [04:00-01:06:45]	Classe régulière	<p>Conception et prototypage des planeurs (Partie V)</p> <p>Les élèves se mettent rapidement en action. L'enseignante guide les équipes. Elle donne au besoin quelques indices, pistes de solution lorsque les élèves font face à un obstacle trop important. Parmi les équipes, la plupart a franchi l'étape du montage mécanique. Normalement, elles devraient toutes commencer le circuit électrique au prochain cours ainsi que la conception du sous-système «compteur». Il est perceptible que l'intérêt et l'engagement des élèves semblent décroître par rapport aux cours précédents (e.g. discussions hors sujet, avancement de la fabrication plus lente). Les élèves ramassent le matériel utilisé à la fin de la période.</p>	<p>Rub 3-Opérationnalisation de l'intégration (Contraintes): Étant donné que l'activité ne se déroule plus en laboratoire de technologie, la TTP ne peut être présente lors du cours, laissant l'enseignante seule pour gérer l'ensemble des aspects de l'activité (e.g. gestion du matériel, du ramassage, supervision des équipes, etc.).</p>	PE-Démarche (frein) La gestion du matériel (absence de TTP) rend moins disponible l'enseignante pour l'accompagnement des équipes. PE-Démarche L'enseignante accompagne les équipes dans la réflexion inhérente au prototypage de leur compteur d'eau. Elle questionne les élèves afin de faire émerger des solutions possibles quant aux problèmes rencontrés et oriente les élèves vers les modifications à apporter.
2.10	P7-1 [00:00-09:40]	Classe régulière	<p>Contextualisation du cours #7: Suivi du déroulement général de l'activité et des objectifs du cours</p> <p>L'enseignante [Carole] débute le cours en rappelant aux élèves les objectifs du cours et fait également un suivi de l'échéancier de l'activité. Elle mentionne que normalement les équipes devraient se concentrer sur le volet électrique de leur compteur d'eau. Elle rappelle aussi aux élèves qu'ils doivent compléter le cahier de l'élève, notamment les différents schémas (de principe, de construction et éclaté). Les élèves sont ensuite invités à poursuivre la fabrication/prototypage de leur planeur.</p>		PE-Démarche L'enseignante fait des rappels (des suivis) concernant le déroulement de l'activité.
2.11	P7-2 [00:00-39:48]	Classe régulière	<p>Conception et prototypage des planeurs (Partie VI)</p> <p>Les élèves se mettent en action. Parmi les équipes, plusieurs parachèvent la construction de leur compteur d'eau ou encore complètent les différentes sections du cahier de l'élève. L'enseignante valide les schémas électriques avant de donner les composantes électriques qui serviront à la confection de leur circuit électrique. Les élèves posent davantage de questions concernant la conception/fabrication du sous-système «compteurs». Les élèves ramassent le matériel utilisé à la fin de la période.</p>		PE-Démarche L'enseignante accompagne les équipes dans la réflexion accompagnant le prototypage de leur compteur d'eau. PE-Démarche (frein) À partir d'un certain point (nombre de périodes), l'engagement et l'intérêt des élèves décroît dans le temps (effet d'essoufflement)
2.12		Classe régulière	<p>Cours #8: Conception et prototypage des planeurs (Fin)</p> <p>Aucune observation n'a pu être faite pour ce cours. [Note du journal de bord: L'enseignante mentionne que les élèves «ont mangé les bouchées doubles» lors de cette période afin de terminer leur compteur d'eau.]</p>		
3			Phase d'intégration (Macro)		
3.1	P9-1 [00:00-09:16]	Classe régulière	<p>Présentation générale par l'enseignant du déroulement de la dernière partie de l'activité.</p> <p>En début de période, l'enseignante [Carole] énonce les consignes sur la partie «présentation»; elle explicite les critères pour l'évaluation des prototypes de compteur d'eau. L'enseignante mentionne aussi aux élèves qu'elle fera une captation vidéo de leur prototype en fonction. Elle fait également un suivi des différents livrables (cahier de l'élève et prototype) en lien avec l'activité.</p>		PE-Démarche L'enseignante donne les directives oralement concernant le déroulement de cette portion de l'activité. Elle fait également un rappel des livrables (prototype et cahier de l'élève) PE-Évaluation L'enseignante explicite la stratégie d'évaluation de l'activité.
		Cahier de l'élève			

3.2	P9-1 [09:16-34:40]	Classe régulière	<p>Présentations (orale) des différents prototypes par les élèves</p>
<p>Les équipes se présentent à tour de rôle à l'avant de la classe et répondent aux différentes questions. Les présentations mettent en lumière le niveau d'achèvement très variable des différents prototypes (respect des contraintes de départ). Par exemple, les circuits électriques n'étaient pas installés pour certaines équipes alors que d'autres oui, pour d'autres équipes c'était le compteur qui n'était pas présent. Il est toutefois intéressant de constater que même avec l'analyse technologique du départ, les concepts de compteur d'eau étaient assez différents les uns des autres.</p>			<p>Rub 1-Les visées de l'intégration: Les prototypes de compteur d'eau présentés sont tantôt simples, tantôt complexes (caractère idiosyncratique de la démarche de conception).</p> <p>PE-Apprentissages intégrés: Les difficultés/problèmes rencontrés par les équipes témoignent d'apprentissages potentiels en cohérence avec les activités d'intrégration en ST (à la fois disciplinaires et transversales).</p>
3.2	P9-1 [34:40-01:11:41]	Classe régulière	<p>Temps alloué à la complétion du cahier de l'activité</p> <p>Les équipes ont le reste de la période pour compléter leur cahier, notamment les schémas demandés</p>

ANNEXE VIII

Guides d'entretien- Entrevues *a posteriori*

QUESTIONNAIRE DE L'ENTREVUE (FINALE) SEMI-DIRIGÉE

ACTIVITÉ JEU DE KERMESE (CAROLINE)

QUESTIONNAIRE À L'INTENTION DES ENSEIGNANTES ET DES ENSEIGNANTS DU SECONDAIRE

Grille d'entrevue individuelle

Intervieweur	Code d'identification de la personne interviewée

Date d'entrevue

Bloc 1: Retour sur la mise en œuvre de la SEA/SAÉ choisie

Questions	Informations requises	Commentaire
<p>1. Quel est votre appréciation générale du déroulement de l'activité ?</p> <p>a. Une partie de l'activité s'est déroulée entre le premier cours d'introduction et celui de la présentation des projets. Qu'est-ce qui s'est passé durant cette période ? Y a-t-il eu des événements intéressants ou qui ont nécessité des ajustements de votre part ?</p>	Positif, négatif, indéfini	
<p>2. Dans quelle mesure estimez-vous avoir atteint les intentions pédagogiques fixées au départ ? <i>Si vous aviez dans une phrase à me nommer votre intention pédagogique, votre but. Tout à l'heure, on en a mentionné déjà quelques brides, c'est quoi la vraiment, la cible? Si on avait à la rentrer dans une phrase ou deux.</i></p> <p><i>P : C'était ça ma cible. C'est de les mettre en action dans la réalité.</i></p> <p><i>C : Dans la réalité.</i></p> <p><i>P : Oui, c'est ça. C'est comme allumer un peu... c'est comme les allumer un peu sur l'électricité.</i> <i>Mon dieu, mauvais jeu de mots.</i></p> <p><i>C : Mettre en action dans la réalité.</i></p>	Atteinte des buts (totalement, partiellement, aucunement).	

*P : Oui, parce que en a plein, une fois qui l'ont fait le jeu, ils ont du fun et ils tripent. Et là, ça les allume. « Ah ok, c'est ça l'électricité, la vraie électricité. C'est vraiment le fun et ce n'est pas si compliqué. » Ce n'est pas aussi compliqué qu'ils pensent. Tu sais, l'analyse des objets techniques qu'ils font à l'examen du ministère, il y en a toujours. Y'a toujours un petit circuit électrique. Ils le comprennent à la fin de l'année. Ce n'est pas aussi compliqué qu'ils pensaient. Faut le simplifier un peu. **Simplifier cette notion-là [des notions complexes/abstraites comme l'électricité].***

C : Ajouter une couche de concret.

Lors des présentations faites par les élèves :

- *Difficulté à comprendre certains principes du circuit électrique (fonction d'une résistance, circuit ouvert/fermé, etc.) ou à en concevoir un*
- *Bruler le LED*
- *Installation/fabrication des interrupteurs*
- *Gestion de l'horaire*
- *Programmation de l'Arduino*

<p>3. Au cours du déroulement de l'activité :</p> <p>a. Est-ce que certains éléments vous ont apparus plus «faciles» que ce que vous aviez anticipés ?</p> <p>b. Au contraire, quel(s) obstacle(s) avez-vous rencontrés?</p>	(les obstacles)	
<p>4. Au cours du déroulement, avez-vous modifié le scénario de votre activité ?</p> <p>a. Le cas échéant, qu'est-ce qui a été modifié et pourquoi l'avoir modifié ?</p> <p>b. Si deviez enseigner de nouveau cette activité au cours des prochaines années, la referiez-vous à l'identique ou changeriez quelque chose ?</p>	Les modifications (planification, devis d'activité, évaluation, etc.).	
<p>5. Selon votre perception de vos élèves lors de l'activité:</p> <p>e. Dans quelle mesure estimez-vous qu'ils (les élèves) ont appréciés l'activité ? Des observations qui vous permettent d'appuyer votre perception ?</p> <p>f. Étaient-ils engagés dans l'activité? L'étaient-ils davantage dans certaines parties de l'activité?</p> <p>g. Dans quelle mesure estimez-vous qu'ils aient appris par cette activité ? Qu'ont-ils appris selon vous par rapport 1) aux sciences et 2) à la technologie?</p>	Les élèves (Appréciation, l'engagement dans la tâche, les apprentissages, etc.).	
<p>6. Est-ce que certaines choses vous ont étonnées ou surprises pendant l'activité ?</p> <p>a. Avez-vous des exemples en tête ?</p>	Éléments émergents	
<p>7. Vous avez évalué l'activité je crois, est-ce exact (grille de correction)? Y avait-il des éléments notables à partager quant à votre évaluation des travaux (par rapport aux élèves ?, par rapport à ce qu'ils ont appris ? par rapport à votre évaluation du travail ?)</p>	L'évaluation	

Bloc 2: Questions spécifiques

Questions	Informations requises	Commentaire
-----------	-----------------------	-------------

<p>8. Une caractéristique des situations d'intégration est qu'elles permettraient en fait que plus d'élèves soient simultanément dans leur zone proximale de développement, c'est-à-dire que dans la classe les solutions empruntées par les élèves seront à la mesure des capacités de chacun et donc de rejoindre en même temps les plus vites et aussi les plus désœuvrés.</p> <p>a. Selon vos observations, est-ce quelque chose que vous avez constatée à l'intérieur de vos groupes lors de cette activité ? Avez-vous en tête des exemples ?</p> <p>9. Une impression que j'avais lors de ma présence en classe était que les équipes m'apparaissaient assez hétérogènes, en ce sens que les élèves semblaient avoir des habilités différentes, mais complémentaires. Selon vous, était-ce le cas ?</p>	<p>Zone proximale de développement</p>	
<p>10. Lors de mon passage dans votre salle de classe, j'ai constaté une utilisation soutenue des technologies notamment de votre part et aussi de la part de vos élèves (IPad)</p> <p>a. Quelle place occupent les technologies dans ce genre de situation ?</p> <p>b. Diriez-vous qu'il s'agit d'un ingrédient-clé de ce genre de situation, le cas échéant, pourquoi ?</p>	<p>Utilisation des TIC</p>	
<p>11. En épluchant votre cahier de situation d'apprentissage, j'ai constaté que vous aviez structuré les parties (cahier de charges [contraintes], etc.) de votre activité en fonction de la démarche de conception technologique.</p> <p>a. Pourquoi avoir structuré la chose ainsi ?</p>	<p>Démarche de conception technologique</p>	
<p>12. Diriez-vous que d'avoir combiné ainsi des sciences (concepts d'électricité et d'électricité dynamique) avec de la technologie (démarche de conception et concepts d'ingénierie électrique) est une «bonne» pratique à mettre en place ?</p> <p>a. Pensez-vous qu'il faudrait que l'enseignement des sciences et technologie fassent place en général à plus d'initiatives du même genre ?</p> <p>b. Que faudrait-il pour que cela se répande à plus large échelle dans le milieu scolaire ?</p> <p>c. Comment selon vous mieux préparer nos futurs enseignants à cet aspect de l'enseignement des sciences/technologie ?</p>	<p>Question de recherche</p>	

<p>Finalemment (Question de recherche)</p> <p>13. Quelles situations d'apprentissage permettent une intégration effective des sciences et de la technologie ?</p> <p>14. Quelles pratiques d'enseignement définissent une intégration effective des sciences et de la technologie ?</p>		
---	--	--

QUESTIONNAIRE DE L'ENTREVUE (FINALE) SEMI-DIRIGÉE

ACTIVITÉ LE PLANEUR (MARC)

QUESTIONNAIRE À L'INTENTION DES ENSEIGNANTES ET DES ENSEIGNANTS DU SECONDAIRE

Grille d'entrevue individuelle

Intervieweur	Code d'identification de la personne interviewée

Date d'entrevue

Bloc 1: Retour sur la mise en œuvre de la SEA/SAÉ choisie

Questions	Informations requises	Commentaire
15. Quel est votre appréciation générale du déroulement de l'activité ?	Positif, négatif, indéfini	
16. Dans quelle mesure estimez-vous avoir atteint les intentions pédagogiques fixées au départ ? <ul style="list-style-type: none"> Dans un esprit de camaraderie, de fabrication, de liberté, ils apprennent à faire un objet, mais rattacher à des concepts qu'on leur a appris et tout ça [...] <i>Finalement, ils sortent de là, ils ont fabriqué quelque chose, ils sont fiers d'eux autres. Ils ont appris des concepts. On a comme un peu, on leur a relié ça à la vraie vie. Joel est vraiment bon là-dedans, l'actualité.</i> [Contextualisation des concepts de gravité et de portance (s'y opposant)] <i>Et il y a une balle de papier qui tombe par terre, ce n'est pas trop excitant. Mais là, on a un projet qui leur montre à essayer vaincre la gravité pour un certain temps pour être en flottaison</i> la débrouillardise (vision utilitariste de la CST) [...] Fait que c'est sûr que des fois l'objectif serait bien pointu et bien précis. Puis, j'aurais pu t'amener un plan avec le DGF et si et ça <i>on s'entend-tu que ces jeunes-là on veut surtout les amener à être débrouillards et informés et être capables d'être critique aussi.</i> <i>CT Coopération entre les élèves</i> 	Atteinte des buts (totalement, partiellement, aucunement).	
17. Au cours du déroulement de l'activité : <ol style="list-style-type: none"> Est-ce que certains éléments vous ont apparus plus «faciles» que ce que vous aviez anticipés ? Au contraire, quel(s) obstacle(s) avez-vous rencontrés? 	(les obstacles)	
18. Au cours du déroulement, avez-vous modifié le scénario de votre activité ? <ol style="list-style-type: none"> Le cas échéant, qu'est-ce qui a été modifié et pourquoi l'avoir modifié ? Si deviez enseigner de nouveau cette activité au cours des prochaines années, la referiez-vous à l'identique ou changeriez quelque chose ? 	Les modifications (planification, devis d'activité, évaluation, etc.).	

<p>19. Selon votre perception de vos élèves lors de l'activité:</p> <ul style="list-style-type: none"> h. Dans quelle mesure estimez-vous qu'ils (les élèves) ont appréciés l'activité ? Des observations qui vous permettent d'appuyer votre perception ? i. Étaient-ils engagés dans l'activité? L'étaient-ils davantage dans certaines parties de l'activité? j. Dans quelle mesure estimez-vous qu'ils aient appris par cette activité ? Qu'ont-ils appris selon vous ? 	<p>Les élèves (Appréciation, l'engagement dans la tâche, les apprentissages, etc.).</p>	
<p>20. Est-ce que certaines choses vous ont étonnées ou surprises pendant l'activité ?</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Avez-vous des exemples ? 	<p>Éléments émergents</p>	
<p>21. Allez-vous évaluer l'activité et, le cas échéant, quelle stratégie d'évaluation allez-vous employer ?</p>	<p>L'évaluation</p>	

Bloc 2: Questions spécifiques

Questions	Informations requises	Commentaire
<p>En introduction à l'activité, vous avez présenté le contenu scientifique lié au projet, notamment les formules de la portance, de la traînée, etc...Ce faisant, vous avez insisté sur les variables de ces formules desquelles ont un impact sur la conception du planeur.</p> <p>22. Pourquoi avoir procédé ainsi ? 23. Quel est l'apport de ce volet scientifique dans ce projet ?</p>	Articuler le qualitatif	
<p>En introduction, vous aviez préparé une quantité de contenu tel que des vidéos, des anecdotes etc.</p> <p>24. Pourquoi ? Quels « bénéfiques » y entrevoyez-vous ? 25. Quel est l'apport de votre TBI dans ce genre de présentation ?</p>	Contextualisation	
<p>26. À un certain moment vous avez évoqué aux élèves que l'«erreur» allait être au rendez-vous, mais qu'il s'agissait d'une étape normale. Pourquoi avoir insisté sur ce point ?</p>	Place de l'erreur	
<p>Dans l'activité, les étapes de conception et de fabrication des planeurs se sont chevauchées, c'est-à-dire que des équipes étaient à la fois en réflexion sur leur concept de planeur et d'autres déjà en fabrication</p>		

<p>27. Trouvez-vous difficile d'avoir à accompagner les équipes à ces différents stades d'avancement de leur projet ? A plusieurs reprises vous avez proposé aux équipes tantôt des idées, tantôt des propositions d'amélioration, tantôt des manières de faire:</p> <p>28. Est-ce que cet accompagnement des équipes est important dans ce type d'activité ? Pourquoi ?</p> <p>29. Trouvez-vous que cette façon de fonctionner avec les élèves est aidante ou pas, facilitante ou pas?</p>		
<p>Durant le déroulement de l'activité, vous avez démontré des savoir-faire importants ayant trait à la fabrication en atelier, l'utilisation de machines-outils, etc.</p> <p>30. D'où vous proviennent ces savoir-faire ?</p> <p>31. Considérez-vous que le manque ou l'absence ces savoir-faire freinerait les enseignants de ST à faire des projets similaires (à forte teneur en technologie) ?</p> <p>32. Comment pourrions-nous contourner ce problème ?</p> <p>33. Comment mieux préparer nos futurs enseignants à cet aspect de l'enseignement des sciences/technologie ?</p>	Les savoirs techniques	
<p>Vous semblez avoir une dynamique intéressante avec votre TTP :</p> <p>34. Diriez-vous que l'implication ou l'engagement de la TTP est un élément facilitateur pour mener des activités similaires? Dans quelle mesure?</p>	Apport de la TTP	
<p>Concernant le programme particulier d'«activité scientifique et technologique»,</p> <p>35. Considérez-vous qu'il s'agisse d'un ingrédient essentiel pour faire vivre des activités de même nature avec vos élèves? a. Est-ce qu'il s'agit d'une condition <i>sine qua non</i>?</p>		

<p>b. En quoi cela change-t-il quelque chose par rapport à des groupes qui n’y seraient pas inscrits par exemple ?</p>		
<p>Finalemment Question de recherche</p> <p>36. Quelles situations d’apprentissage permettent une intégration effective des sciences et de la technologie ?</p> <p>37. Quelles pratiques d’enseignement définissent une intégration effective des sciences et de la technologie ?</p>	<p>Question de recherche</p>	

QUESTIONNAIRE DE L'ENTREVUE (FINALE) SEMI-DIRIGÉE

ACTIVITÉ LE LABORATOIRE DE ROBOTIQUE-MRUA (CATHERINE)

QUESTIONNAIRE À L'INTENTION DES ENSEIGNANTES ET DES ENSEIGNANTS DU SECONDAIRE

Grille d'entrevue individuelle

Intervieweur	Code d'identification de la personne interviewée

Date d'entrevue

Bloc 1: Retour sur la mise en œuvre de la SEA/SAÉ choisie

Questions	Informations requises	Commentaire
<p>C'était votre première mise à l'essai, alors :</p> <p>1. Quel est votre appréciation générale du déroulement de l'activité ?</p>	Positif, négatif, indéfini	
<p>2. Dans quelle mesure estimez-vous avoir atteint les intentions pédagogiques fixées au départ ?</p> <ul style="list-style-type: none"> • E : «Le but est d'analyser graphiquement un MRUA (lien avec le programme, intention centrale)... Dans le cahier, on voit vraiment les trois graphiques, ont essayé de faire des liens avec l'aire sous la pente, etc... Mais en même temps ça leur permet d'intégrer les technologies, surtout la robotique... faire un peu de programmation (technologie, discipline pivot) • C : Ça permet aussi d'ajouter du concret sur quelque chose de très abstrait, de très mathématiques... • E : Oui et moi ce que je leur montre «la place de la robotique dans ses différentes applications (contextualisation) » FONCTION D'ÉDUCATION VOCATIONNELLE 	Atteinte des buts (totalement, partiellement, aucunement).	
<p>3. Au cours du déroulement de l'activité :</p> <ol style="list-style-type: none"> a. Est-ce que certains éléments vous ont apparus plus «faciles» que ce que vous aviez anticipés ? b. Au contraire, quel(s) obstacle(s) avez-vous rencontrés? 	(les obstacles)	
<p>4. Au cours du déroulement, avez-vous modifié le scénario de votre activité ?</p> <ol style="list-style-type: none"> a. Le cas échéant, qu'est-ce qui a été modifié et pourquoi l'avoir modifié ? b. Si deviez enseigner de nouveau cette activité au cours des prochaines années, la referiez-vous à l'identique ou changeriez quelque chose ? 	Les modifications (planification, devis d'activité, évaluation, etc.).	

<p>5. Selon votre perception de vos élèves lors de l'activité:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Dans quelle mesure estimez-vous qu'ils (les élèves) ont appréciés l'activité ? Des observations qui vous permettent d'appuyer votre perception ? b. Étaient-ils engagés dans l'activité? L'étaient-ils davantage dans certaines parties de l'activité? c. Dans quelle mesure estimez-vous qu'ils aient appris par cette activité ? Qu'ont-ils appris selon vous par rapport 1) aux sciences et 2) à la technologie? 	<p>Les élèves (Appréciation, l'engagement dans la tâche, les apprentissages, etc.).</p>	
<p>6. Est-ce que certaines choses vous ont étonnées ou surprises pendant l'activité ?</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Avez-vous des exemples en tête ? 	<p>Éléments émergents</p>	
<p>7. Vous avez évalué l'activité je crois, est-ce exact (grille de correction)? Y avait-il des éléments notables à partager quant à votre évaluation des travaux (par rapport aux élèves ?, par rapport à ce qu'ils ont appris ? par rapport l'évaluation du travail en soi?)</p>	<p>L'évaluation</p>	

Bloc 2: Questions spécifiques

Questions	Informations requises	Commentaire
<p>8. Pour aider les élèves dans le volet robotique de l'activité, une vidéo (tutoriel) était utilisée par les élèves.</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Diriez-vous que cette vidéo est essentielle pour réaliser cette activité ? b. Quelle serait les alternatives à cette vidéo ? 	Ouverture	
<p>9. J'ai cru comprendre lors de nos échanges et aussi lors de mon passage dans votre établissement que votre équipe pédagogique en sciences semblait importante à vos yeux et aussi assez «forte» et que faisant il y avait une culture de partage et d'entraide dans l'école</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Est-ce un ingrédient clé pour faire plus de situation de même genre ? b. Est-ce que cela vous permet de faire une certaine économie de temps dans enseignement ? c. Pour un grand nombre d'enseignants, avoir du temps au quotidien semble quelque chose de difficile à dégager... Comment pourrait-on en avoir plus temps ? 	<p>Équipe pédagogique</p> <p>Le temps</p>	
<p>Lors de mon passage dans votre classe, j'ai constaté que les questions des élèves arrivent de tout part (submerger) et que, lors de ces moments, il semblait important de pouvoir compter sur une ressource supplémentaire (votre collègue ou encore la TTP)</p> <p>10. Diriez-vous que l'implication ou l'engagement de la TTP est un élément facilitateur pour mener des activités similaires? Dans quelle mesure?</p>		

<p>11. Rétrospectivement, trouvez-vous que d'avoir procédé ainsi, c'est-à-dire d'utiliser la robotique (la technologie) pour modéliser mathématiquement des concepts de physiques a été bénéfiques ? Quelle a été la valeur ajoutée (escompter ou au-delà) de la robotique à l'intérieur de cette activité ?</p> <p><i>Exemple de l'équipe dont le graphique ne correspondait pas au MRUA lors du passage en graphique. Les élèves sont retournés prendre de nouvelles données, complétant une boucle dans la démarche d'investigation scientifique (retour en arrière).</i></p> <ul style="list-style-type: none"> a. Pensez-vous qu'il faudrait que l'enseignement de la physique fassent place en général à plus d'initiatives du même genre ? a. Est-ce que cela vous incite à faire à l'avenir davantage de projet similaire ? Que faudrait-il pour que cela se répande à plus large échelle dans le milieu scolaire? b. Comment selon vous mieux préparer nos futurs enseignants à cet aspect de l'enseignement des sciences/technologie ? <p>Enfinement (Question de recherche)</p> <p>12. Quelles situations d'apprentissage permettent une intégration effective des sciences et de la technologie ?</p> <p>13. Quelles pratiques d'enseignement définissent une intégration effective des sciences et de la technologie ?</p>	<p>Question de recherche</p>	

--	--	--

QUESTIONNAIRE DE L'ENTREVUE (FINALE) SEMI-DIRIGÉE

ACTIVITÉ LE COMPTEUR D'EAU (CAROLE)

QUESTIONNAIRE À L'INTENTION DES ENSEIGNANTES ET DES ENSEIGNANTS DU SECONDAIRE

Grille d'entrevue individuelle

Intervieweur	Code d'identification de la personne interviewée

Date d'entrevue

Bloc 1: Retour sur la mise en œuvre de la SEA/SAÉ choisie

Questions	Informations requises	Commentaire
C'était votre première mise à l'essai, alors :	Positif, négatif, indéfini	
14. Quelle est votre appréciation générale du déroulement de l'activité ?		
15. Dans quelle mesure estimez-vous avoir atteint les intentions pédagogiques fixées au départ ? <ul style="list-style-type: none"> • Si l'on se réfère à notre entretien de départ, vous aviez grosso modo identifié comme cible : que les élèves arrivent à une plus grande maîtrise de ce qu'ils avaient appris en ingénierie mécanique et électrique et aussi en électricité dynamique (circuit en série et en parallèle) • « L'important c'est qu'ils aient vu la technologie à l'œuvre » ligne 772 	Atteinte des buts (totalement, partiellement, aucunement).	
16. Au cours du déroulement de l'activité : <ol style="list-style-type: none"> Est-ce que certains éléments vous ont apparus plus « faciles » que ce que vous aviez anticipés ? Au contraire, quel(s) obstacle(s) avez-vous rencontrés ? 	(les obstacles)	
17. Au cours du déroulement, avez-vous modifié le scénario de votre activité ? <ol style="list-style-type: none"> Le cas échéant, qu'est-ce qui a été modifié et pourquoi l'avoir modifié ? Si deviez enseigner de nouveau cette activité au cours des prochaines années, la referiez-vous à l'identique ou changeriez quelque chose ? 	Les modifications (planification, devis d'activité, évaluation, etc.).	
18. Selon votre perception de vos élèves lors de l'activité: <ol style="list-style-type: none"> Dans quelle mesure estimez-vous qu'ils (les élèves) ont appréciés l'activité ? Des observations qui vous permettent d'appuyer votre perception ? Étaient-ils engagés dans l'activité ? L'étaient-ils davantage dans certaines parties de l'activité ? Dans quelle mesure estimez-vous qu'ils aient appris par cette activité ? Qu'ont-ils appris selon vous par rapport 1) aux sciences et 2) à la technologie ? 	Les élèves (Appréciation, l'engagement dans la tâche, les apprentissages, etc.).	

<p>19. Est-ce que certaines choses vous ont étonnées ou surprises pendant l'activité ?</p> <p>a. Avez-vous des exemples en tête ?</p>	Éléments émergents	
<p>20. Vous avez évalué l'activité je crois, est-ce exact? Y avait-il des éléments notables à partager quant à votre évaluation des travaux :</p> <p>a. par rapport aux élèves ?</p> <p>b. par rapport à ce qu'ils ont appris ?</p> <p>c. par rapport l'évaluation du travail en soi?</p>	L'évaluation	

Bloc 2: Questions spécifiques

Questions	Informations requises	Commentaire
<p>21. Vous m'aviez mentionné lors de nos premiers échanges, que cette activité est une adaptation d'une épreuve d'analyse technologique du MELS à laquelle nous avons ajouté de la conception et de la fabrication</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Est-ce que vous considérez que cette activité a permis de mieux préparer vos élèves pour cette tâche de l'examen du ministère ? b. Est-ce que vous considérez que c'est une préparation suffisante ? 	Évaluation du MELS	
<p>22. Lors de ma présence dans votre classe, j'ai constaté que les locaux de technologie semblaient particulièrement difficiles à réserver. Même que nous devions y avoir accès et finalement cela a changé en cours de route et nous avons dû retourner dans le local habituel:</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Est-ce difficile pour vous de faire ce projet sans avoir accès au local de technologie ? b. Dans quelle mesure, s'agit-il d'un frein pour vous à faire davantage de projet alliant science et technologie ? 	<p>Frein : Local de technologie</p> <p>Propreté des lieux</p> <p>Approvisionnement du matériel complexe</p>	
<p>23. Lorsque vous circuliez pendant les étapes de travail en équipe, notamment lors de la fabrication du compteur d'eau, j'ai remarqué que vous insistiez sur le respect des contraintes du cahier de charges (p.ex. 25x25x25 ou élaboration soi-même du compteur)</p> <ul style="list-style-type: none"> a. Qu'est-ce qui vous incite à être aussi ferme sur le respect de ces contraintes ? 		

- | | | |
|---|--|--|
| 29. Quelles situations d'apprentissage permettent une intégration effective des sciences et de la technologie ? | | |
| 30. Quelles pratiques d'enseignement définissent une intégration effective des sciences et de la technologie ? | | |

ANNEXE IX

Courriel de sélection- Enseignants de ST (potentiels ou recommandés)

Enseignants et enseignantes de sciences et technologie,

Mon nom est Ugo Collard-Fortin et je suis étudiant au doctorat à l'UQAC en science de l'Éducation. D'ordinaire, je suis chargé de cours de didactique des ST auprès des étudiants dans les différents programmes de formation en éducation. Aussi, j'ai été enseignant contractuel à la CSRS entre 2010 et 2013 ce qui m'a permis de côtoyer certains d'entre vous.

Je vous écris aujourd'hui, car je prépare le terrain d'une collecte de données que j'aimerais réaliser cette année (2019-2020) afin de compléter mon projet de recherche en lien avec mon doctorat qui vous concerne **en tant qu'enseignant de ST**.

Concrètement, je recherche des **activités d'apprentissage en ST** au secondaire, dont vous feriez déjà usage ou que vous souhaitez faire usage cette année, qui proposerait une **intégration intéressante et réussie des sciences et de la technologie**.

Pour se qualifier, les activités devraient :

- Faire un **lien quelconque entre sciences et technologie** (par des concepts ou des démarches; voir exemples de combinaison plus bas).
- Offrir un **contexte de départ** (p.ex. un problème, un projet, un thème, un enjeu, un ensemble de tâches, un cahier de charge, etc.) qui permet de contextualiser les activités.
- De durée variable (ne sont pas forcément très longues). Elles peuvent être complètement ou partiellement originales dans le sens qu'elles peuvent s'inspirer de matériels pédagogiques existants (puisées dans les maisons d'édition par exemple).

L'idée de base de cette étude est d'apprendre à partir de ce qui fonctionne sur le terrain, de l'expérience des enseignants dans le milieu scolaire. Cela permettra, entre autres, **de mieux outiller nos futurs enseignants de ST** en les formant à des pratiques efficaces qui sont issues du milieu scolaire.

Votre participation, si vous souhaitez m'accompagner dans ce projet, **prendrait fort peu de votre temps** et se résumerait à ceci:

- que vous acceptiez que j'observe une activité qui se qualifie en action (au moment de l'année de votre choix) dans la salle de classe (sans captation des élèves) avec l'un de vos groupes;
- que vous participiez à 2 entrevues d'environ 30 à 40 minutes (1 avant qui aurait pour but de broser le portrait de l'activité et 1 après qui aurait pour but de faire un retour sur son déroulement);
- que vous partagiez avec moi une copie du matériel pédagogique que vous utilisez pour la SAÉ (p.ex. le cahier de l'élève); le matériel sera caviardé afin de protéger votre anonymat.

Bien que votre participation soit pour moi très importante et essentielle à la réalisation de cette étude, celle-ci est **bien évidemment volontaire**, alors sentez-vous libre d'accepter ou de refuser.

Si cette proposition vous intéresse ou encore si certaines questions demeurent en suspens et que vous souhaitez mieux comprendre le projet avant de vous prononcer, **je vous invite à me contacter par courriel au cours des prochains jours**.

De la documentation est également jointe à ce présent courriel, explicitant davantage les aspects méthodologiques et éthiques du projet de recherche.

Au plaisir de discuter avec vous prochainement!

Ugo

Voici quelques combinaisons d'intégration possibles et un exemple possible:

- Type 1. Combinaison de concepts de sciences et de technologie (p.ex. concepts provenant de l'univers vivant/matériel/Terre et Espace et de l'univers technologique)
- Type 2. Combinaison de concepts d'une discipline et d'une démarche d'une autre discipline (p.ex. concepts provenant de l'univers vivant/matériel/Terre et démarche de conception technologique ou vice-versa soit, concepts de l'univers technologique et démarches de sciences)
- Type 3. Combiner des démarches des sciences et de technologie (p.ex. démarche expérimentale et analyse technologique, investigation scientifique et conception technologique, etc.

Différents scénarios d'activité d'apprentissage faisant appel à l'intégration:

Exemples portant sur le thème des *pluies acides*.

- permettre l'exploration du concept de pH (chimie, sciences) avec d'autres concepts (technologiques) tels que celui de propriétés de matériaux (effets des pluies acides) (type 1);
- permettre d'explorer le phénomène des pluies acides (concepts de Terre et Espace) et y inclure l'exploration de technologies (p. ex. centrale au charbon) qui sont en cause dans ce phénomène (type 2);
- pourrait proposer une expérimentation telle qu'une neutralisation acido-basique (démarche scientifique ou expérimentale) dont les résultats pourraient être appliqués à la conception d'un système technologique quelconque (démarche technologique) permettant d'agir lors de problèmes environnementaux similaires (type 3).

ANNEXE X

Approbation éthique de la recherche



Université du Québec
à Chicoutimi

Le 08 avril 2019

À l'attention de :

Ugo Collard-Fortin, Étudiant au doctorat
Département des sciences de l'éducation

Diane Gauthier, Professeure
Département des sciences de l'éducation

Objet : Approbation éthique de votre projet de recherche

Projet : 2019-10

Titre du projet de recherche : Étude de cas exploratoire de situations et de pratiques d'enseignement d'intégration des sciences et de la technologie au secondaire

Source de financement : S/O

Bonjour,

Votre projet de recherche a fait l'objet d'une évaluation en matière d'éthique de la recherche avec des êtres humains par le Comité d'éthique de la recherche de l'Université du Québec à Chicoutimi (CER-UQAC).

Un certificat d'approbation éthique qui atteste de la conformité de votre projet de recherche à la [Politique d'éthique de la recherche avec des êtres humains](#) de l'UQAC est émis en date du 08 avril 2019. Prenez note que ce certificat est **valide jusqu'au 08 avril 2020**.

Veillez noter que le Formulaire d'information et de consentement (FIC) aux enseignants a été revu et légèrement modifié par le CER-UQAC. Ce document est déposé dans votre projet (voir les documents précédés d'un carré mauve dans la section "Fichiers" - "Documents officiels"). Cette version est celle autorisée par le CER et elle devra être utilisée pour votre projet.

Par ailleurs, tel que discuté, il n'y a pas lieu de remplir un FIC pour les directions d'école mais seulement d'obtenir une autorisation de recrutement. Ainsi, afin de compléter votre dossier, veuillez acheminer au CER le(s) document(s) qui suivent dès que possible en utilisant le formulaire *F8 - Modification de projet* :

- autorisations de recrutement dans l'organisation.

Notez qu'en vertu de la [Politique d'éthique de la recherche avec des êtres humains](#), il est de la responsabilité des chercheurs d'assurer que leurs projets de recherche conservent une approbation éthique pour toute la durée des travaux de recherche et d'informer le CER de la fin de ceux-ci. Vous devrez donc obtenir le renouvellement de votre approbation éthique avant l'expiration de ce certificat à l'aide du formulaire *F7 - Renouvellement annuel*. Un rappel automatique vous sera envoyé par courriel quelques semaines avant l'échéance de votre certificat.

Un rapport non remis entraînera la fermeture du dossier éthique dans les 30 jours qui suivent et une mention y sera ajoutée. Ainsi, la poursuite de la **cueillette de données** auprès des participants, sans certification éthique valide, ou le fait d'**apporter une modification significative** (à la population ciblée, au formulaire de consentement, au protocole



Université du Québec
à Chicoutimi

d'expérimentation, à la méthode de collecte ou de traitement des données, etc.) **ou affectant le niveau de risque du projet** sans approbation du CER-UQAC représentent des situations relevant de la [Politique relative à la conduite responsable en recherche et en création](#). De plus, le chercheur a l'obligation de signaler tout incident grave dès qu'il survient.

Si des modifications sont apportées à votre projet avant l'échéance du certificat, vous devrez remplir le formulaire *F8 - Modification de projet* et obtenir l'approbation du CER avant de mettre en oeuvre ces modifications. Si votre projet est terminé avant l'échéance du certificat, vous devrez remplir le formulaire *F9 - Fin de projet*.

Enfin, veuillez prendre note que le Décanat des études est mis en copie conforme de ce courriel afin de l'aviser de l'obtention de votre certification éthique.

En vous souhaitant bon succès dans la réalisation de votre recherche, veuillez recevoir mes salutations distinguées.

Tommy Chevette,
Professeur et président du CER

CERTIFICAT D'APPROBATION ÉTHIQUE

La présente atteste que le projet de recherche décrit ci-dessous a fait l'objet d'une évaluation en matière d'éthique de la recherche avec des êtres humains et qu'il satisfait aux exigences de la politique de l'UQAC en cette matière.

De plus, les membres jugent que ce projet rencontre les critères d'une recherche à risque minimal.

Projet # : 2019-10

Titre du projet de recherche : Étude de cas exploratoire de situations et de pratiques d'enseignement d'intégration des sciences et de la technologie au secondaire

Chercheur principal :
Ugo Collard-Fortin, Étudiant au doctorat
Département des sciences de l'éducation

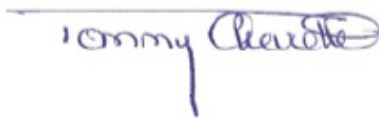
Directeur/codirecteur :
En provenance de l'UQAC:
Diane Gauthier, Professeure
Département des sciences de l'éducation

Financement : S/O

Date d'approbation du projet : 08 avril 2019

Date d'entrée en vigueur du certificat : 08 avril 2019

Date d'échéance du certificat : 08 avril 2020



Tommy Chevette

RÉFÉRENCES

- Aikenhead, G. (1992). The integration of STS into science education. *Theory into Practice*, 31(1), 27-35.
- Aikenhead, G. (1994). What is STS teaching? Dans J. Solomon, & G. Aikenhead (Éds.), *STS education: International perspectives on reform*. Teachers College Press.
- Aikenhead, G. (2006). *Science education for everyday life. Evidence-based practice*. Teachers College Press.
- Albe, V. (2008). Pour une éducation aux sciences citoyennes: Une analyse sociale et épistémologique des controverses sur les changements climatiques. *Aster*, 46, 44-70.
- Albe, V. (2015). Science for Citizenship. Dans R. Gunstone (Éd.), *Encyclopedia of Science Education* (pp.904-905). Spinger.
- Alsop, S. (2009). Not quite the revolution: Science and technology education in a world that changed. Dans A. Jones, & M. J. de Vries (Éds.), *International Handbook of Research and Development in Technology Education* (pp.319-328). Sense Publishers.
- Alsop, S., Bencze, L., & Pedretti, E. (2005). *Analysing exemplary science teaching: theoretical lenses and a spectrum of possibilities for practice*. Open University Press.
- Alsop, S., Pedretti, E., & Bencze, L. (2005). Introduction. Creating possibilities. Dans S. Alsop, E. Pedretti, & L. Bencze (Éds.), *Analysing exemplary science teaching* (pp.1-12). Open University Press.
- Altet, M. (2001). *Demande de création d'un réseau présentée au ministère de la Recherche, MSU-DS7. Réseau OPEN, réseau d'observation des pratiques enseignantes*. Université de Nantes.
- Altet, M. (2004). L'intégration des savoirs de sciences de l'éducation dans l'expertise enseignante: représentations et rapports aux savoirs professionnels des enseignants. Dans C. Lessard, M. Altet, L. Paquay, & P. Perrenoud (Éds.), *Entre sens commun et sciences humaines : quels savoirs pour enseigner?* (pp.159-178). De Boeck.

- American Association for the Advancement of Science [AAAS]. (1994). *Benchmarks for science literacy*. Oxford University Press.
- Anadón, M. (2018). Quelques repères sociaux et épistémologiques Dans T. Karsenti, & L. Savoie-Zajc (Éds.), *La recherche en éducation: étapes et approches* (4e pp.17-50). Presses de l'Université de Montréal.
- Ankiewicz, P., de Swardt, E. et de Vries, M. J. (2006). Some Implications of the Philosophy of Technology for Science, Technology and Society (STS) Studies. *International Journal of Technology and Design Education*, 16(2), 117-141. <https://doi.org/10.1007/s10798-005-3595-x>
- Artigue, M. (1989). Ingénierie didactique. *Recherches en didactique des mathématiques*, 9(3), 281-308.
- Asghar, A., Ellington, R., Rice, E., Johnson, F., & Prime, G. M. (2012). Supporting STEM education in secondary science contexts. *The Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning*, 6(2), 85–125. <https://doi.org/https://doi.org/10.7771/1541-5015.1349>
- Astolfi, J.-P. (2007). Enseigner les sciences comme (à) des géants. Dans P. Potvin, M. Riopel, & S. Masson (Éds.), *Regards multiples sur l'enseignement des sciences* (pp.17-34). Éditions MultiMondes.
- Astolfi, J.-P., Darot, É., Ginsburger-Vogel, Y., & Toussaint, J. (2008). *Mots-clés de la didactique des sciences*. De Boeck.
- Astolfi, J.-P., Peterfalvi, B., & Vérin, A. (1998). *Comment les enfants apprennent les sciences?* RETZ.
- Bagiati, A., & Evangelou, D. (2015). Engineering curriculum in the preschool classroom: the teacher's experience. *European Early Childhood Education Research Journal*, 23(1), 112–128. <https://doi.org/https://doi.org/10.1080/1350293X.2014991099>
- Barell, J. (2007). *Problem-based learning: an inquiry approach*. Sage.
- Barma, S. (2007). Point de vue sur le nouveau programme *science et technologie* du secondaire au Québec: regards croisés sur les enjeux de part et d'autre de l'Atlantique. *Didaskalia*, 30(1), 109-137.

- Barma, S. (2008). *Un contexte de renouvellement de pratiques en éducation aux sciences et aux technologies: Une étude de cas réalisée sous l'angle de la théorie de l'activité* [Thèse de doctorat inédite]. Université Laval.
- Barma, S., & Guilbert, L. (2006). Différentes visions de la culture scientifique et technologique: défis et contraintes pour les enseignants. Dans A. Hasni, Y. Lenoir, & J. Lebeaume (Éds.), *La formation à l'enseignement des sciences et des technologies au secondaire. Dans le contexte des réformes par compétences* (pp.11-40). Presses de l'Université du Québec.
- Beane, A. (1997). *Curriculum integration: designing the core for democratic education*. Teachers College Press.
- Beeth, M. E., & Hewson, P.W. (1999). Learning goals in an exemplary science teacher's practice: Cognitive and social factors in teaching for conceptual change. *Science Education*, 83(6), 738-760.
- Bennett, J., Lubben, F., & Hogarth, S. (2007). Bringing Science to Life: A Synthesis of the Research Evidence on the Effects of Context-Based and STS Approches to Science Teaching. *Science Education*, 91(2), 347-370.
- Berliner, D. C. (1986). In pursuit of the expert pedagogue. *Educational researcher*, 15(7), 5-13.
- Berliner, D. C. (2004). Describing the Behaviour and Documenting the Accomplishments of Experts Teachers. *Bulletin of Science, Technology & Society*, 24(3), 200-212.
- Biggs, J. B. (2007). *Teachning for quality learning at university*. Open University Press.
- Bissonnette, S., Richard, M., & Gauthier, C. (2006). *Comment enseigne-t-on dans les écoles efficaces ? Efficacité des écoles et des réformes*. Presses de l'Université Laval.
- Bissonnette, S., Richard, M., Gauthier, C., & Bouchard, C. (2010). Quelles sont les stratégies d'enseignement efficaces favorisant les apprentissages fondamentaux auprès des élèves en difficulté de niveau élémentaire ? Résultats d'une méga-analyse. *Revue de recherche appliquée sur l'apprentissage*, 3.

- Blais, M., & Martineau, S. (2006). L'analyse inductive générale: description d'une démarche visant à donner un sens à des données brutes. *Recherches qualitatives*, 26(2), 1-18.
<http://www.recherche-qualitative.qc.ca/revue.html>
- Bourassa, B., Serre, F., & Ross, D. (1999). *Apprendre de son expérience*. Presses de l'Université du Québec.
- Bouras, A. (2006). *Épistémologie, langage et pratique d'enseignement technologique en ISTE* [Université de Toulouse La Mirail et Université de Tunis].
- Bousadra, F., Hasni, A., Lefebvre, D., & Drouet, J.-M. (2010). L'enseignement de la technologie au secondaire: analyse d'un cours sur l'apprentissage du schéma de principe. Dans A. Hasni, H. Squalli, A. Bronner, & M.-T. Nicolas (Éds.), *La classe de sciences, mathématiques et technologie comme objet d'étude: quels problématiques, cadre de références et méthodologie et pour quels résultats? Acte de colloque*. (pp.131-158). Centre de recherche sur l'enseignement et l'apprentissage des sciences [CRÉAS]; Laboratoire interdisciplinaire de recherche en didactique éducation et formation [LIRDEF].
<http://www.usherbrooke.ca/creas/fileadmin/sites/creas/documents/Publications/2011-Actes-Sherb-Montp.pdf#page=131>
- Boutet, M., & Samson, G. (2010). Jalons pour une démarche de formation citoyenne et scientifique. Dans A. Hasni, & J. Lebeaume (Éds.), *Enjeux contemporains de l'éducation scientifique et technologique* (pp.155-179). Presses de l'Université d'Ottawa.
- Breiner, J. M., Harkness, S. S., Johnson, C. C., & Koehler, C. (2012). What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. *Journal of school Science and Mathematics*, 112(1), 3-11.
- Bressoux, P.(2001). Réflexions sur l'effet-maître et l'étude des pratiques enseignantes. *Les Dossiers des Sciences de l'Éducation*, 5, 35-52.
- Brown, J. W., & Brown, R. A. (2010). What is Technology Education? A Review of the "Official Curriculum". *The Clearing House*, 83(2), 49-53. <https://doi.org/10.1080/00098650903505449>
- Bru, M., & Talbot, L. (2001). Les pratiques enseignantes: contributions plurielles. *Les Dossiers des Sciences de l'Éducation*, 5, 9-33.

- Bryan, L. A., Moore, T. J., Johnson, C. C., & Roehrig, G. H. (2015). Integrated STEM Education. Dans C. C. Johnson, E. E. Peters-Burton, & T. J. Moore (Éds.), *STEM Road Map: A Framework for Integrated STEM Education* (pp.23-37). Routledge.
- Buntting, C., & Jones, A. (2009). Unpacking the interface between science, technology and the environnement: Biotechnology as an exemple. Dans A. Jones, & M. J. de Vries (Éds.), *International Handbook of Research and Development in Technology Education* (pp.275-285). Sense Publishers.
- Buntting, C., & Jones, A. (2015). Science and Technology. Dans R. Gunstone (Éd.), *Encyclopedia of Science Education* (pp.862-864). Spinger.
- Burghardt, M. D., Hecht, D., Russo, M., Lauckhardt, J., & Hacker, M. (2010). A study of mathematics infusion in middle school technology education classes. *Journal of Technology Education*, 22(1), 58-74.
- Bybee, R. (2010). *The teaching of science: 21st century perspectives*. NSTA press.
- Cajas, F. (2001). The Science/Technology Interaction: Implications for Science Literacy. *Journal of research in science teaching*, 38(7), 715-729.
- Cajas, F., & Gallagher, J. J. (2001). The interdependence of scientific and technological literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, 38(7), 713-714. <https://doi.org/10.1002/tea.1027>
- Carlson, L., & Sullivan, J. (2004). Exploiting design to inspire interest in engineering across the K-16 engineering curriculum. *International Journal of Engineering Education*, 20(3), 372-380.
- Chamberland, G., Lavoie, L., & Marquis, D. (2007). *20 formules pédagogiques*. Presses de l'Université du Québec.
- Charland, P. (2008). *Proposition d'un modèle éducationnel relatif à l'enseignement interdisciplinaire des sciences et de la technologie intégrant une préoccupation d'éducation relative à l'environnement* [Université du Québec à Montréal].

- Charland, P.(2009). Apprendre la technologie à travers une variété de courants théoriques. Dans P.Charland, P.Potvin, M. Riopel, & F. Fournier (Éds.), *Apprendre et enseigner la technologie. Regards multiples*. (pp.1-18). Éditions multimondes.
- Charland, P., Bêty, M.-N., Allaire-Duquette, G., & Skelling-Desmeules, Y. (2012). *L'intégration de l'éducation technologique dans les pratiques d'enseignants experts de 4e secondaire au Québec: une étude multicas*. Actes du XVIIe Congrès de l'Association Mondiale des Sciences de l'Éducation. Éducation technologique et sciences de l'ingénieur, Reims, France.
- Charland, P., & Cyr, S. (2011). Enjeux et défis liés à l'intégration des préoccupations environnementales en enseignement des sciences et de la technologie au secondaire au Québec. *Formation et Profession: Bulletin du CRIFPE*, 18(2), 18-21.
- Charland, P., Potvin, P., & Riopel, M. (2009). L'éducation relative à l'environnement en enseignement des sciences et de la technologie: une contribution pour mieux *Vivre ensemble sur Terre*. *Éducation et francophonie, ACELF*, XXXVII(2), 63-78.
- Charlier, É. (1998). Former des enseignants-professionnels pour une formations continuée à la pratique. Dans L. Paquay, M. Alter, É. Charlier, & P.Perrenoud (Éds.), *Former des enseignants professionnels* (pp.98-107). De Boeck.
- Charlier, É., & Charlier, B. (1998). *La formation au coeur de la pratique : Analyse d'une formation continuée d'enseignants*. De Boeck.
- Chevallard, Y. (1985). *La transposition didactique*. La Pensée sauvage.
- Childress, V., & Sanders, M. (2007). *Core engineering concepts foundational for the study of technology in grades 6-12*. <http://conference.illinoisstate.edu>
- Clanet, J., & Talbot, L. (2012). De l'analyse des pratiques enseignantes à la mise à jour des compétences professionnelles : vers plus d'efficacité ? *Phronesis*, 1(2), 4-19.
- Clark, C., & Lambert, M. (1986). *Quels savoirs sur l'enseignement pourraient être utile aux maîtres, quelques réflexions inspirées des recherches sur les aspects cognitifs des processus d'enseignement*. Labor.

Cochran-Smith, M., & Lytle, S. L. (1999). Relationships of knowledge and practice: Teacher learning in communities. *Review of research in education*, 24(1), 249-305.

Collard-Fortin, U. (2013). *Éducation relative à l'environnement (ERE): Une étude des représentations sociales et des pratiques éducatives d'enseignants de science et technologie du secondaire en contexte de formation continue* [Mémoire de maîtrise]. Université du Québec à Chicoutimi.

Collard-Fortin, U., & Gauthier, D. (2014). La communauté d'apprentissage professionnelle: outil à l'appropriation des principes de l'éducation relative à l'environnement (ERE) et au développement durable (EDD) auprès d'enseignants du secondaire. *Revue internationale du CRIRES : innover dans la tradition de Vygotsky*, 2(1), 7-24.

Collerette, P.(1996). Méthode des études de cas. Dans A. Mucchielli (Éd.), *Dictionnaire des méthodes qualitatives en sciences humaines et sociales* (pp.77-80). Armand Colin.

Conseil de la science et de la technologie [CST]. (2002). *La culture scientifique et technique au Québec: Bilan*. Gouvernement du Québec. <http://collections.banq.qc.ca/ark:/52327/50500>

Conseil de la science et de la technologie [CST]. (2004). *La culture scientifique et technologique. Une interface entre les sciences, la technologie et la société. Rapport de conjoncture*. Gouvernement du Québec,.

Conseil supérieur de l'éducation [CSÉ]. (2013). *L'enseignement de la science et de la technologie au primaire et au premier cycle du secondaire*. Gouvernement du Québec.

Couture, C., Dionne, L., Savoie-Zajc, L., & Aurousseau, E. (2015). Développer des pratiques d'enseignement des sciences et des technologies: selon quels critères et dans quelle perspective? *Recherches en didactique des sciences et des technologies [RDST]*, 11, 109-132.

Cresswell, J. (2010). *Oxford Dictionary of Word Origins*. Oxford University Press.

Dakers, J. (2005). Technology education as solo activity or socially constructed learning. *International Journal of Technology and Design Education*, 15, 73-89.

- Dakers, J. (2007). Incorporating technological literacy into classroom practice. Dans M. J. de Vries, R. Custer, J. Dakers, & G. Martin (Éds.), *Analysing best practices in technology education*. Sense Publishers.
- Dare, E. A., Ellis, J. A., & Roehrig, G. H. (2014). Driven by beliefs: understanding challenges physical science teachers face when integrating engineering and physics. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 4(2), 47-61. <https://doi.org/https://doi.org/10.7771/2157-9288.1098>
- Davis, E., & Krajcik, J. (2005). Designing educative curriculum materials to promote teaching learning. *Educational researcher*, 34(3), 3-14.
- de Vries, M. J. (1996). Technology education: Beyond the "Technology is applied science" paradigm. *Journal of technology education*, 8(1), 7-15.
- de Vries, M. J. (2005). The nature of technological knowledge: philosophical reflections and educational consequences. *International Journal of Technology and Design Education*, 15, 149-154.
- de Vries, M. J. (2007). Reflecting on reflective practitioners in technology education. Analysing good practices as a source of educational insights. Dans M. J. de Vries, R. Custer, J. Dakers, & G. Martin (Éds.), *Analysing best practices in technology education* (pp.1-10). Sense Publishers.
- de Vries, M. J. (2009). The developing field of technology education: an introduction. Dans A. Jones, & M. J. de Vries (Éds.), *International handbook of research and developement in technology education* (pp.1-9). Sense Publishers.
- de Vries, M. J. (2012). Philosophy of technology. Dans J. Williams (Éd.), *Technology education for teachers* (pp.15-34). Sense Publishers.
- de Vries, M. J., Custer, R., Dakers, J., & Martin, G. (2007). *Analysing best practices in technology education*. Sense Publishers.
- Deaudelin, C., Desjardins, J., Dezutter, Thomas, L., Caniveau, A., Lavoie, J., Bousadra, F., & Hébert, M. (2007). L'évaluation formative en contexte de renouveau pédagogique au primaire: analyse de pratiques au service de laréussite. *Les Nouveaux cahiers de la recherche en éducation*, 10(1), 27-45.

- de Brabander, C. J. (2000). Knowledge definition, subject, and educational track level: Perceptions of secondary school teachers. *American Educational Research Journal*, 37, 1027–1058.
- Demers, S. (2011). *Relations entre le cadre normatif et les dimensions téléologique, épistémologique et praxéologique des pratiques d'enseignants d'histoire et éducation à la citoyenneté: Étude multicas* [Thèse de doctorat]. Université du Québec à Montréal.
- Demers, S. (2016). L'efficacité : une finalité digne de l'éducation ? *McGill Journal of Education*, 51(2), 961-971. <https://doi.org/https://doi.org/10.7202/1038613ar>
- Deslauriers, J.-P., & Mayer, R. (2000). L'observation directe. Dans R. Mayer, F. Ouellet, M. C. Saint-Jacques, D. Turcotte, & Collaborateurs (Éds.), *Méthodes de recherche en interventions sociales* (pp.135-157). Gaëtan Morin Éditeur.
- Dionne, L., Arousseau, E., Couture, C., & Savoie-Zajc, L. (2017). *Critères gagnants*. <http://tableaust.ca/a/>
- diSessa, A. A. (2006). A history of conceptual change research: threads and fault lines. Dans k. Sawyer (Éd.), *Cambridge handbooks of learning sciences* (pp.265-281). Cambridge university press.
- Eberbach, C., & Hmelo-Silver, C. (2015). Inquiry, Learning Through. Dans R. Gunstone (Éd.), *Encyclopedia of Science Education* (pp.514-516). Springer Netherlands.
- El-Deghaidy, H., Mansour, N., Alzaghibi, M., & Alhammad, K. (2017). Context of STEM integration in schools: views from in-service science teachers. *EURASIA Journal of Mathematics, Science, and Technology Education*, 13(6), 2459–2484.
- Falardeau, E., & Simard, D. (2011). L'étude du rapport à la culture dans les pratiques enseignantes: le synopsis comme outil de réduction et d'organisation des données. *Recherches Qualitatives*, 30(2), 96-121.
- Felton, D. F., Hurst, M. D., Rates, C. A., & Elliot, J. (2013). Innovation in science, technology, engineering, and mathematics (STEM) disciplines. Implications for educational practices. Dans L. V. Sharavina (Éd.), *The Routledge international handbook of innovation education* (pp.359-371). Routledge.

- Fensham, P.J. (2002). De nouveaux guides pour l'alphabétisation scientifique. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 2(2), 133-149.
<https://doi.org/10.1080/14926150209556506>
- Fitzgerald, A., Dawson, V., & Hackling, M. W. (2009). Examining the beliefs and practices of four effective Australian primary science teachers. *Research in Science Education*, 43(3), 981-1003.
- Flyvbjerg, B. (2006). Five misunderstandings about case-study research. *Qualitative inquiry*, 12(2), 219-245.
- Forsthuber, B., Motiejunaite, A., De Almeida Coutinho, A. S., Baïdak, N., & Horvath, A. (2011). *L'enseignement de sciences en Europe: politiques nationales, pratiques et recherches*. Commission européenne-Réseau Eurydice.
- Fortin, M.-F., & Gagnon, J. (2022). *Fondements et étapes du processus de recherche. Méthodes quantitatives et qualitatives (4e)*. Chenelière Éducation.
- Fortus, D., Dershimer, R. C., Krajcik, J., Marx, R. W., & Mamlok-Naaman, R. (2004). Design-based science and student learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 1081-1110.
<https://doi.org/10.1002/tea.20040>
- Fourez, G. (1994). *Alphabétisation scientifique et technique. Essai sur les finalités de l'enseignement des sciences*. De Boeck.
- Fourez, G. (1995). Le mouvement sciences, technologies et société (STS) et l'enseignement des sciences. *Perspectives*, 25(1), 27-41.
- Fourez, G. (2002a). En écho à l'article de Fensham. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 2(2), 197-202. <https://doi.org/10.1080/14926150209556511>
- Fourez, G. (2002b). *La construction des sciences. Les logiques des inventions scientifiques (4e)*. De Boeck.
- Fourez, G. (2002c). Les sciences dans l'enseignement secondaire : Scientific Education in Secondary Schools. *Didaskalia*, 21(novembre), 107 -122.

- Fourez, G., Dufour, B., & Maingain, A. (2002). *Approches didactiques de l'interdisciplinarité*. De Boeck.
- Gallagher, J. J. (1971). A broader base for science teaching. *Science Education*, 55(3), 329-338.
- Gardner, H. (2004). Discipline, understanding, and community. *Journal of Curriculum Studies*, 36, 233-236.
- Gardner, P.L. (1996). The Dimensionality of Attitude scales: a widely Misunderstood idea. *International Journal of Science Education*, 18(8), 913-919.
- Gardner, P.L. (1997). The roots of technology and science: A philosophical and historical view. *International Journal of Technology and Design Education*, 7, 13-20.
- Garnett, P., & Tobin, K. (1988). Teaching for understanding: Exemplary practice in high school chemistry. *Journal of research in science teaching*, 26(1), 1-14.
- Gauthier, D. (2011). L'interdisciplinarité et l'enseignement des sciences-technologie au secondaire. *Formation et Profession: Bulletin du CRIFPE*, 18(2), 29-32.
- Gauthier, D., & Collard-Fortin, U. (2015). Une formation continue pour les enseignants de sciences technologie du primaire et du secondaire orientée vers l'utilisation de la technologie et de l'interdisciplinarité. Dans J. Lebeaume, & A. Hasni (Éds.), *Éducation technologique et sciences de l'ingénieur. Regards sur les curricula et les pratiques* (pp.110-128). Presses universitaires du Septentrion.
- Gijbels, D. (2003). Effects of problem-based learning: A meta-analysis. *Learning and Instruction*, 13, 533-568.
- Giordan, A. (2010). Nouveaux contenus, nouvelles pratiques: peut-on mutualiser les problèmes et les acquis? Dans A. Hasni, & J. Lebeaume (Éds.), *Enjeux contemporains de l'éducation scientifique et technologique* (pp.17-49). Presses de l'Université d'Ottawa.
- Girault, Y., & Sauvé, L. (2008). L'éducation scientifique, l'éducation à l'environnement et l'éducation pour le développement durable, croisements, enjeux et mouvances. *L'éducation à l'environnement et au développement durable.*, Aster(46), p.7-30.

Glaser, B., & Strauss, A. (1967). *The discovery of grounded theory*. Aldine.

Gomez, A., & Albrecht, B. (2013). True STEM education. *Technology and Engineering Teacher*, 73(4), 8.

Gouvernement du Québec. (1963). *Rapport de la Commission royale d'enquête sur l'enseignement dans la province de Québec*(5 vol.). Ministère de l'Éducation.

Gouvernement du Québec. (1971). *Rapport du Conseil supérieur de l'Éducation concernant des problèmes d'éducation technologique au Québec*. Conseil supérieur de l'Éducation.

Gouvernement du Québec. (1981). *Initiation à la technologie*. ministère de l'Éducation du Québec- Direction générale du développement pédagogique. Ministère de l'éducation.

Gouvernement du Québec. (1982a). *Biologie humaine*. ministère de l'Éducation du Québec- Direction générale du développement pédagogique. <http://collections.banq.qc.ca/ark:/52327/40925>

Gouvernement du Québec. (1982b). *Écologie*. ministère de l'Éducation du Québec; Direction générale du développement pédagogique.

Gouvernement du Québec. (1987). *Sciences physiques (Environnement physique)* (Version rév.). ministère de l'Éducation du Québec; Direction générale du développement pédagogique.

Gouvernement du Québec. (1988). *Biologie générale (035-534)*. ministère de l'Éducation du Québec- Direction de la formation générale. <http://collections.banq.qc.ca/ark:/52327/40924>

Gouvernement du Québec. (1990). *Sciences physiques (416-436). À la découverte de la matière et de l'énergie* (Réimpr., juil. 1995.). ministère de l'Éducation du Québec- Direction de la formation générale. <http://collections.banq.qc.ca/ark:/52327/63783>; <http://collections.banq.qc.ca/ark:/52327/41090>

Gouvernement du Québec. (1991). *L'intégration des savoirs au secondaire: au coeur de la réussite éducative. Avis au ministre de l'Éducation et à la ministre de la Science*. Conseil supérieur de l'éducation.

- Gouvernement du Québec. (1992a). *Physique 534: à la découverte de la matière et de l'énergie*. ministère de l'Éducation du Québec: Direction de la formation générale des jeunes. <http://collections.banq.qc.ca/ark:/52327/bs64371>
- Gouvernement du Québec. (1992b). *Techniques et méthodes en sciences de la nature (TMS-532)*. ministère de l'Éducation du Québec- Direction de la formation générale des jeunes. <http://collections.banq.qc.ca/ark:/52327/41112>.
- Gouvernement du Québec. (1993). *Initiation à la technologie*. ministère de l'Éducation du Québec- Direction générale de la formation professionnelle.
- Gouvernement du Québec. (1997). *Prendre le virage du succès. Réaffirmer l'école. Rapport du Groupe de travail sur la réforme du curriculum (Rapport Inschauspé)*. ministère de l'Éducation du Québec.
- Gouvernement du Québec. (1998). *L'enseignement des sciences et de la technologie dans le cadre de la réforme du curriculum du primaire et du secondaire. Avis au ministre de l'Éducation*. Commission des programmes d'études. <http://www.ccpe.gouv.qc.ca/sc-tech.htm#NT1#NT1>
- Gouvernement du Québec. (1999). *Chimie 534 : à la découverte de la matière et de l'énergie*. ministère de l'Éducation du Québec; Direction de la formation générale des jeunes. <http://collections.banq.qc.ca/ark:/52327/63785>
- Gouvernement du Québec. (2004). *Programme de formation de l'école québécoise. Enseignement secondaire, 1er cycle*. ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport.
- Gouvernement du Québec. (2006a). *Enseignement secondaire deuxième cycle (phase II): Avis au Ministre de l'Éducation, du Loisir et du Sport sur l'approbation du Programme de formation de l'école québécoise*. Commission des programmes d'études.
- Gouvernement du Québec. (2006b). *Programme de formation de l'école québécoise. Enseignement secondaire 2^e cycle*. ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport.
- Gouvernement du Québec. (2009). *Les défis et les enjeux de l'enseignement secondaire au deuxième cycle. Avis à la ministre de l'Éducation, du Loisir et du Sports sur l'examen et l'adaptation continue du Programme de formation de l'école québécoise*. Comité-conseil sur les programmes d'études. Repéré à : http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site_web/documents/reseau/formation_titularisation/AvisMinistreDefisEnjeuxEnsSec2eCycle.pdf

- Guay, M.-H. (2004). *Proposition de fondements conceptuels pour la structuration du champ de connaissances et d'activités en éducation en tant que discipline* [Université du Québec à Montréal].
- Guillemette, C., Marcos, B., Moresoli, C., & Lefebvre, D. (2011). La technologie dans les nouveaux curriculums québécois et ontarien au niveau secondaire. Dans J. Lebeaume, A. Hasni, & I. Harlé (Éds.), *Recherches et expertises pour l'enseignement scientifique-Technologie, Sciences, Mathématiques* (pp.101-110). De Boeck.
- Hackling, M. W., & Prain, V. (2005). *Primary connections stage 2 trial: Research report*. Australian Academy of science.
- Hart, P., & Robottom, I. M. (1990). The science-technology-society movement in science education: A critique of the reform process. *Journal of research in science teaching*, 27(6), 575-588.
- Hasni, A. (2006). Statut des disciplines scientifiques dans le cadre de la formation par compétences à l'enseignement des sciences au secondaire. Dans A. Hasni, Y. Lenoir et J. Lebeaume (dir.), *La formation à l'enseignement des sciences et des technologies au secondaire, dans le contexte des réformes par compétences* (p. 121-156). Presses de l'Université du Québec.
- Hasni, A. (2010). L'éducation à l'environnement et l'interdisciplinarité: de la contextualisation des savoirs à la scolarisation du contexte? Dans A. Hasni, & J. Lebeaume (Éds.), *Enjeux contemporains de l'éducation scientifique et technologique* (pp.179-222). Presses de l'Université d'Ottawa.
- Hasni, A. (2011a). Comment l'éducation scientifique et technologique peut-elle intégrer les problématiques sociales contemporaines? Le cas de l'éducation relative à l'environnement. *Formation et Profession: Bulletin du CRIFPE*, 18(2), 22-25.
- Hasni, A. (2011b). L'expertise didactique et les nouveaux enjeux de l'éducation scientifique et technologique (partie 2). *Formation et Profession: Bulletin du CRIFPE*, 18(1), 42-44.
- Hasni, A., & Belletête, V. (2017). L'enseignement par projet en science et technologie: que nous apprend une analyse systématique des publications scientifiques? *Spectre*, 46(2), 22-25.
- Hasni, A., Bousadra, F., & Marcos, B. (2011). L'enseignement par projets en sciences et technologies : de quoi parle-t-on et comment justifie-t-on le recours à cette approche? *Nouveaux cahiers de la recherche en éducation*, 14(1), 7-28. <https://doi.org/https://doi.org/10.7202/1008841ar>

- Hasni, A., & Lebeaume, J. (2010). L'enseignement scientifique et technologique: nouvelles orientations curriculaires, nouveaux défis. Dans A. Hasni, & J. Lebeaume (Éds.), *Enjeux contemporains de l'éducation scientifique et technologique* (pp.1-16). Presses de l'Université d'Ottawa.
- Hasni, A., Lenoir, Y., Larose, F., Samsom, G., Bousadra, F., & Satiro dos Santos, C. (2008). Enseignement des sciences et technologies et interdisciplinarité: point de vue d'enseignants du secondaire québécois sur leurs pratiques. Dans A. Hasni, & J. Lebeaume (Éds.), *Interdisciplinarité et enseignement scientifique et technologique* (pp.75-110). Éditions du CRP.
- Hasni, A., Lenoir, Y., & Lebeaume, J. (2006). *La formation à l'enseignement des sciences et des technologies au secondaire : dans le contexte des réformes par compétences*. Presses de l'Université du Québec.
- Hasni, A., Moresoli, C., Samson, G., & Owen, M.-È. (2009). Points de vue d'enseignants de sciences au premier cycle du secondaire sur les manuels scolaires dans le contexte de l'implantation des nouveaux programmes au Québec. *Revue des sciences de l'éducation*, 35(2), 83-105.
- Hasni, A., Potvin, P., Belletête, V., & Thibault, F. (2015). *L'intérêt pour les sciences et la technologie à l'école. Résultats d'une enquête auprès d'élèves du primaire et du secondaire au Québec*. Chaire de recherche sur l'intérêt des jeunes à l'égard des sciences et de la technologie [CRIJEST].
- Hattie, J. (2009). *Visible learning. A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. Routledge.
- Hill, A. M. (2007). Motivational aspects. Dans M. J. de Vries, R. Custer, J. Dakers, & G. Martin (Éds.), *Analysing best practices in technology education* (pp.203-211). Sense Publishers.
- Hill, A. M., & Smith, H. A. (2005). Problem-based contextualized learning. Dans S. Alsop, L. Bencze, & E. Pedretti (Éds.), *Analysing exemplary science teaching: theoretical lenses and a spectrum of possibilities for practice*. Open University Press.
- Hmelo-Silver, C., Duncan, R., & Chinn, C. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: a response to Kirschner, Sweller, and Clark (2006). *Educational Psychologist*, 42, 99-107.
- Hodson, D. (1993). Re-thinking old ways: Toward a more critical approach to practical work in school science. *Studies in Science Education*, 22, 85-142.

- Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. (2014). *STEM Integration in K-12 Education Status, Prospects, and an Agenda for Research*. National Academy Press.
- Hudson, P.(2015). Science, Technology, Engineering, and Maths (STEM). Dans R. Gunstone (Éd.), *Encyclopedia of Science Education* (pp.940-941). Springer Netherlands.
https://doi.org/10.1007/978-94-007-2150-0_251
- Hurley, M. M. (2001). Reviewing Integrated Science and Mathematics: The Search for Evidence and Definitions From New Perspectives. *School Science and Mathematics, 101*(5), 259-268.
- International Technology Education Association [ITEA]. (2000). *Standards for technological literacy: Content for the study of technology*. ITEA.
- International Technology Education Association [ITEA]. (2003). *Advancing Excellence in Technological Literacy: Student Assessment, Professional Development, and Program Standards*. ITEA.
- Johnson, C. C., Peters-Burton, E. E., & Moore, T. J. (Éds.). (2015). *STEM Road Map: A Framework for Integrated STEM Education*. Routledge.
- Jones, A. (2012). Technology in science education: Context, Constestation, and Connection. Dans B. J. Fraser, K. G. Tobin, & C. J. McRobbie (Éds.), *Second International Handbook of science education* (pp.811-821). Springer.
- Jones, A., & Buntting, C. (2013). The role and place of science and technology education in developping innovation education. Dans L. V. Sharavina (Éd.), *The Routledge International Handbook of Innovation Education* (pp.419-429). Routledge.
- Jones, A., & Buntting, C. (2015). Technology Education and Science Education. Dans R. Gunstone (Éd.), *Encyclopedia of Science Education* (pp.1049-1053). Springer Netherlands.
https://doi.org/10.1007/978-94-007-2150-0_394
- Jones, A., Buntting, C., & de Vries, M. J. (2013). The developping field of technology education: a review to look forward. *International Journal of Technology and Design Education, 23*, 191-212.
- Jones, A., & Carr, M. (1992). Teachers' perceptions of technology education- Implications for curriculum innovation. *Research in Science Education, 22*, 230-239.

- Karsenti, T. (2002). Défis de l'intégration des TIC dans la formation et le travail enseignant: Perspectives et expériences nord-américaines et européennes. *Politiques d'éducation et de formation*, 27-42.
- Karsenti, T., & Demers, S. (2004). L'étude de cas. Dans T. Karsenti, & L. Savoie-Zajc (Éds.), *La recherche en éducation: étapes et approches* (pp.209-233). Éditions du CRP.
- Karsenti, T., & Demers, S. (2011). L'étude de cas. Dans T. Karsenti, & L. Savoie-Zajc (Éds.), *La recherche en éducation: Étapes et approches* (3e, pp.229-252). ERPI.
- Karsenti, T., & Demers, S. (2018). L'étude de cas. Dans T. Karsenti, & L. Savoie-Zajc (Éds.), *La recherche en éducation: étapes et approches* (4e pp.289-316). Presses de l'Université de Montréal.
- Karsenti, T., & Savoie-Zajc, L. (Éds.). (2004). *La recherche en éducation: étapes et approches* (3e). CRP, Faculté d'éducation: Université de Sherbrooke.
- Kelley, T. R., & Knowles, J. G. (2016). A conceptual framework for integrated STEM education. *International Journal of STEM Education*, 3(1), 1-11.
- Kimbell, R. (2007). Assessment. Dans M. J. de Vries, R. Custer, J. Dakers, & G. Martin (Éds.), *Analysing best practices in technology education* (pp.247-258). Sense Publishers.
- Koehler, C., Binns, I. C., & Bloom, M. A. (2015). The emergence of STEM. Dans C. C. Johnson, E. E. Peters-Burton, & T. J. Moore (Éds.), *STEM Road Map: A Framework for Integrated STEM Education* (pp.13-22). Routledge.
- Krapp, A. (2007). An Educational–Psychological Conceptualisation of Interest. *International Journal for Educational & Vocational Guidance*, 7(1), 5-21.
- Krapp, A., & Prenzel, M. (2011). Research on Interest in Science: Theories, Methods, and Findings. *International Journal of Science Education*, 33(1), 27-50.
- Kuhn, T. S. (1962). *La structure des révolutions scientifiques*. Flammarion.
- Lepage, M., & Toutloff, A. (2021). *Étude des rapports à l'interdisciplinarité d'enseignants de Sciences de la nature*. Rapport de recherche PAREA.

- Laperrière, A. (2010). L'observation directe. Dans B. Gauthier (Éd.), *Recherche Sociale: De la problématique à la collecte de données* (5e, pp.311-336). Presses de l'Université du Québec.
- Lavoie, L., Marquis, D., & Laurin, P.(1996). *La recherche-action, théorie et pratique. Manuel d'autoformation*. Presses de l'Université du Québec.
- Law, N. (2002). Scientific Literacy: Charting the Terrains of a Multifaceted Enterprise. *La revue canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies.*, 2(2), 151-176.
- Lebeaume, J. (2008). Les sciences et la technologie dans l'enseignement obligatoire: curriculums et spécialités enseignantes. Dans A. Hasni, & J. Lebeaume (Éds.), *Interdisciplinarité et enseignement scientifique et technologique* (pp.33-49). CRP.
- Legendre, M.-F. (1994). Problématique de l'apprentissage et de l'enseignement des sciences au secondaire: un état de la question. *Revue des sciences de l'éducation*, XX(4), 657-677.
- Legendre, R. (2005). *Dictionnaire actuel de l'éducation* (3). Guérin.
- Lehrer, R., Schauble, L., & Lucas, D. (2008). Supporting development of the epistemology of inquiry. *Cognitive Development*, 23(4), 512-529.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cogdev.2008.09.001>
- Lenoir, Y. (2004). L'enseignant expert. Regard critique sur une notion non dépourvues d'intérêt de la recherche sur les pratiques enseignantes. *Recherche et formation*, 47, 9-23.
- Lenoir, Y. (2016). Les "éducations à" pour quelles finalités ?. Dans A. Hasni, J. Lebrun, & Y. Lenoir (Éds.), *Les disciplines scolaires et la vie hors de l'école. Le cas des « éducations à » au Québec* (pp.141-158). Groupe Éditeurs.
- Lenoir, Y., Hasni, A., & Lebeaume, J. (2008). *Interdisciplinarité et enseignement scientifique et technologique*. Éditions du CRP et INRP.
- Lenoir, Y. et Sauvé, L. (1998). L'interdisciplinarité et la formation des enseignants au primaire et au secondaire. *Revue des Sciences de l'Éducation*, 24(1), 3-29.

- Lenoir, Y., & Vanhulle, S. (2006). Étudier la pratique enseignante dans sa complexité. Une exigence pour la recherche et la formation à l'enseignement. Dans A. Hasni, Y. Lenoir, & J. Lebeaume (Éds.), *La formation à l'enseignement des sciences et des technologies au secondaire. Dans le contexte des réformes par compétences* (pp.193-245). Presses de l'Université du Québec.
- Lesseig, K., Slavitt, D., Nelson, T. H., & Seidel, R. A. (2016). Supporting middle school teachers' implementation of STEM design challenges. *School Science and Mathematics*, 116(4), 177–188. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/ssm.12172>
- Linn, M. C., Davis, E., & Bell, P.(2004). *Internet environments for science education*. Erlbaum.
- Ma, H. (2015). Science Teachers' Professional Knowledge. Dans R. Gunstone (Éd.), *Encyclopedia of Science Education* (pp.924-926). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-2150-0_193
- Margot, K. C., & Kettler, T. (2019). Teachers' perception of STEM integration and education: a systematic literature review. *International Journal of STEM Education*, 6(1), 2-16. <https://doi.org/10.1186/s40594-018-0151-2>
- Martinand, J. L. (2003). L'éducation technologique à l'école moyenne en France: problèmes de didactique curriculaire. *La revue canadienne de l'enseignement des sciences, des mathématiques et des technologies*. , 3(1), 100-116.
- Martineau, S. (2005). L'observation en situation: enjeux, possibilités et limites. *Recherche qualitatives, Acte du colloque: L'instrumentation dans la collecte de données. Hors série*(2), 5-17. <http://www.recherche-qualitative,qc.ca/revue.html>
- Mayer, R., & Saint-Jacques, M.-C. (2000). L'entrevue de recherche. Dans R. Mayer, F. Ouellet, M. C. Saint-Jacques, D. Turcotte, & Collaborateurs (Éds.), *Méthodes de recherche en interventions sociales* (pp.115-131). Gaëtan Morin Éditeur.
- McComas, W. F. (1991). *The nature of exemplary practice in laboratory instruction: a case study investigation*. University of Iowa.
- McComas, W. F. (2005). Foreword: Exemplary practice as exemplary research. Dans S. Alsop, L. Bencze, & E. Pedretti (Éds.), *Analysing exemplary science teaching: theoretical lenses and a spectrum of possibilities for practice* (pp.XV-XX). Open University Press.

- McComas, W. F. (2009). Thinking, Teaching, and Learning Science Outside the Boxes. Reconsidering interdisciplinarity in science instruction. *Science Teacher*, 76(2), 24-28.
<http://sbiproxy.uqac.ca/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eue&AN=508039095&lang=fr&site=ehost-live>
- McComas, W. F., & Wang, H. A. (1998). Blended Science: The Rewards and Challenges of Integrating the Science Disciplines for Instruction. *School Science and Mathematics*, 98(6), 340-348.
<https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.1998.tb17430.x>
- Mehalik, M. M., Doppelt, Y., & Schuun, C. D. (2008). Middle-School Science Through Design-Based Learning versus Scripted Inquiry: Better Overall Science Concept Learning and Equity Gap Reduction. *Journal of Engineering Education*, 97(1), 71-85.
<http://sbiproxy.uqac.ca/login?url=https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eue&AN=508034071&lang=fr&site=ehost-live>
- Melville, W. (2015). Inquiry as a Teaching Strategy. Dans R. Gunstone (Éd.), *Encyclopedia of Science Education* (pp.507-509). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-2150-0_193
- Merriam, S. B. (1988). *Case study in education: A qualitative approach*. Jossey-Bass.
- Merriam, S. B. (2009). *Qualitative Research: A guide to Design and Implementation*. Jossey-Bass.
- Millar, R. (2010). Pratical work. Dans J. Osborne, & J. Dillon (Éds.), *Good practice in science teaching. What research has to say?* (2, pp.108-134). Open University Press.
- Milton, P.(2015). *Shifting Minds 3.0: Redefining the Learning Landscape in Canada*. C21 Canada.
<http://www.c21canada.org/wp-content/uploads/2015/05/C21-ShiftingMinds-3.pdf>
- ministère de l'Éducation de l'Ontario. (2016). *Compétences du 21e siècle: Phase 1-Définir les compétences du 21e siècle pour l'ontario*. Imprimeur de la Reine pour l'Ontario.
- Mitcham, C. (1979). Philosophy and the history of Technology. Dans G. Gugliarello (Éd.), *The history and philosophy of technology* (pp.163-189). University of Illinois Press.
- Mitcham, C. (1994). *Thinking through technology. The path between engineering and philosophy*. University of Chicago Press.

- Monney, N., Duquette, C., Barry, S. et Couture, C. (2020). Planifier une séquence d'enseignement en faisant dialoguer les cadres de référence des didactiques, de la gestion de classe et de l'évaluation. Dans N. Granger, L. Portelance et G. Messier (dir.), *Planifier son enseignement au secondaire* (p. 177-211). Éditions JFD.
- Moore, T. J., Johnson, C. C., Peters-Burton, E. E., & Guzey, S. S. (2015). The need for a STEM road map. Dans C. C. Johnson, E. E. Peters-Burton, & T. J. Moore (Éds.), *STEM Road Map: A Framework for Integrated STEM Education* (pp.1-12). Routledge.
- Moore, T. J., Stohlmann, M. S., Wang, H. H., Tank, K. M., Glancy, A., & Roehrig, G. H. (2014). Implementation and integration of engineering in K-12 STEM education. Dans J. Strobel, S. Purzer, & M. Cardella (Éds.), *Engineering in precollege settings: research into practice*. Sense Publisher.
- Morgan, H. (2016). Relying on High-Stakes Standardized Tests to Evaluate Schools and Teachers: A Bad Idea. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas*, 89(2), 67-72. <https://doi.org/10.1080/00098655.2016.1156628>
- Mucchielli, A. (1996). *Études de cas (méthode des)*. Armand Colin.
- Murphy, C., & Beggs, J. (2003). Children's perceptions of school science. *School Science Review*, 84(308), 109-116.
- National Research Council [NRC]. (1996). *National science education standards*. National Academy Press.
- National Research Council [NRC]. (2000). *Inquiry and the national science education standards: a guide for teaching and learning*. National Academies Press. www.nap.edu/catalog.php?record_id=13165
- National Research Council [NRC]. (2009a). *Engineering in K-12 education: Understanding the status and improving the prospects*. National Academies Press.
- National Research Council [NRC]. (2009b). *A New Biology for 21st Century: Ensuring the United-States Leads the Coming Biology Revolution*. National Academy Press.

- National Research Council [NRC]. (2012a). *Education for life and work: Developing transferable knowledge and skills in the 21st century*. National Academies Press.
- National Research Council [NRC]. (2012b). *A Framework for K-12 Science Education. Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. National Academy Press.
<http://ebookcentral.proquest.com/lib/uqac-ebooks/detail.action?docID=3378982>
- Organisation de Coopération et de Développement Économique [OCDE]. (2006). *Évolution de l'intérêt des jeunes pour les études scientifiques et technologiques: Rapport d'orientation*. OCDE.
- Organisation de Coopération et de Développement Économique [OCDE]. (2008). *Encourager l'intérêt des étudiants pour les études en science et technologie*. OCDE.
- Organisation de Coopération et de Développement Économique [OCDE]. (2009). *Scientifiques et ingénieurs: Pénurie, quelle pénurie?* Repéré le 04-10 à
<http://www.observateurocde.org/news/archivestory.php/aid/882/Scient>
- Organisation de coopération et de développement économique [OCDE]. (2014). *Résultat de Talis 2013: une perspective internationale sur l'enseignement et l'apprentissage*. OCDE.
http://sipe2015.org/Documents/ISTP2015_OECD-background-report_FR.pdf
- Organisation de coopération et de développement économique [OCDE]. (2015). *Schools for 21st-Century Learners: Strong leaders, confident teachers, innovative approaches. Rapport du Sommet international sur la profession enseignante*. . Organisation de coopération et de développement économique [OCDE]; Conseil des ministres de l'Éducation [CMEC].
http://sipe2015.org/Documents/ISTP2015_OECD-background-report_FR.pdf
- Osborne, J., & Dillon, J. (Éds.). (2010). *Good practice in science teaching. What research has to say?* (2). Open University Press.
- Ouellet, D., & Hart, S. A. (2013). Les compétences du 21e siècle. <http://www.oce.uqam.ca/article/les-compétences-qui-font-consensus/http://www.oce.uqam.ca/publication/dec-2013-vol-4-num-4/>
- Pang, J. S., & Good, R. (2000). A review of the integration of science and mathematics: Implications for further research. *School science and mathematics*, 100(2), 73-82.

- Park, H., Byun, S., Sim, J., Han, H., & Baek, Y. S. (2016). Teachers' perceptions and practices of STEAM education in South Korea. *Eurasia Journal of Mathematics, Science, & Technology Education*, 12(7), 1739–1753. <https://doi.org/https://doi.org/10.12973/Eurasia.2016.1531a>.
- Pedretti, E., Bencze, L., & Alsop, S. (2005). Voices and viewpoints: what have we learned about exemplary science teaching? Dans S. Alsop, L. Bencze, & E. Pedretti (Éds.), *Analysing exemplary science teaching* (pp.205-216). Open University Press.
- Pedretti, E., & Nazir, J. (2011). Currents in STSE education: Mapping a complex field, 40 years on. *Science Education*, 95(4), 601-626. <https://doi.org/doi:10.1002/sce.20435>
- Pedretti, E., & Nazir, J. (2015). Science, Technology and Society (STS). Dans R. Gunstone (Éd.), *Encyclopedia of Science Education* (pp.932-935). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-2150-0_177
- Pell, T., & Jarvis, T. (2001). Developing attitudes to science scales for use with children from five to eleven years. *International Journal of Science Education*, 23(8), 847-862.
- Pellegrino, J., & Hilton, M. (2012). *Education for Life and Work. Transferable Knowledge and Skills for the 21st Century*. National Academies Press.
- Penner, D. E., Lehrer, R., & Schauble, L. (1998). From Physical Models to Biomechanics: A Design-Based Modeling Approach. *The Journal of the Learning Sciences*, 7(3/4), 429-449. <http://www.jstor.org/stable/1466793>
- Pepper, C. (2015). Problem-Based Learning (PBL). Dans R. Gunstone (Éd.), *Encyclopedia of Science Education* (pp.795-796). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-2150-0_193
- Perrenoud, P.(1998). Le travail sur l'habitus dans la formation des enseignants. Analyse des pratiques et prise de conscience. Dans L. Paquay, M. Alter, É. Charlier, & P.Perrenoud (Éds.), *Former des enseignants professionnels* (pp.182-207). De Boeck.
- Perron, S., Hasni, A. et Boilevin, J.-M. (2020). L'absence de savoir conceptuel lors de démarches d'investigation scientifique mises en oeuvre en classe : une crainte devenue réalité ? *Recherches en éducation*, 42, 198-219. <https://doi.org/10.4000/ree.1643>

- Psillos, D. (2015). Teaching and Learning Sequences. Dans R. Gunstone (dir.), *Encyclopedia of Science Education* (p. 1035-1038). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-2150-0_164
- Potvin, P.(2011). *Manuel d'enseignement des sciences et de la technologie. Pour intéresser les élèves du secondaire*. Éditions MultiMondes.
- Potvin, P., & Hasni, A. (2014). Interest, motivation and attitude towards science and technology at K-12 levels: a systematic review of 12 years of educational research. *Studies in Science Education*, 50(1), 85-129. <https://doi.org/10.1080/03057267.2014.881626>
- Poupart, J. (1997). L'entretien de type qualitatif. Dans J. Poupart, J.-P.Deslauriers, L.-H. Groulx, A. Laperrière, R. Mayer, & A. P.Pires (Éds.), *La recherche qualitative; Enjeux épistémologiques et méthodologiques* (pp.173-210). Gaëtan Morin Éditeur.
- Presseau, A., Martineau, S., & Portelance, L. (2011). Quels sont les savoirs mobilisés dans le discours et dans les pratiques de soutien au transfert des apprentissages des élèves par les enseignants. Dans P.Maubant, & S. Martineau (Éds.), *Fondements des pratiques professionnelles des enseignants*. Presses de l'Université d'Ottawa.
- Proulx, J. (2004). *Apprentissage par projet*. Presses de l'Université du Québec.
- Pruneau, D., Kerry, J., Langis, J., & Léger, M. (2015). Améliorer les programmes canadiens de sciences et technologies au primaire par l'ajout de compétences du 21e siècle. *Canadian Journal of Education*, 38(3), 1-23. <http://www.jstor.org/stable/canajeducrevucan.38.3.07>
- Quinn Patton, M. (2002). *Qualitative Research & Evaluation Methods* (3^e). Sage Publications.
- Raby, C. (2004). *Analyse du cheminement qui a mené des enseignants du primaire à développer une utilisation exemplaire des technologies de l'information et de la communication (TIC) en classe* [Thèse de doctorat]. Université du Québec à Montréal.
- Raymond, D. (1993). Éclatement des savoirs et savoirs en ruptures : une réplique de Van der Maren. *Revue des Sciences de l'Éducation*, XIX(1), 187-200.

- Rennie, L., Venville, G., & Wallace, J. (2012a). Reflecting on curriculum integration. Seeking balance and connection through a worldly perspective. Dans L. Rennie, G. Venville, & J. Wallace (Éds.), *Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics. Issues, Reflections, and Ways Forward* (pp.123-142). Routledge.
- Rennie, L., Venville, G., & Wallace, J. (Éds.). (2012b). *Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics. Issues, Reflections, and Ways Forward*. Routledge.
- Rennie, L., Wallace, J., & Venville, G. (2012). Exploring Curriculum Integration: Why Integrate? Dans L. Rennie, G. Venville, & J. Wallace (Éds.), *Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics. Issues, Reflections, and Ways Forward* (pp.1-11). Routledge.
- Robson, C. (2002). *Real World Research* (2e). Blackwell Publishing.
- Robson, C. (2011). *Real World Research* (3e). Wiley.
- Roehrig, G. H., Dare, E. A., Ring-Whalen, E., & Wieselmann, J. R. (2021). Understanding coherence and integration in integrated STEM curriculum. *International Journal of STEM Education*, 8(1), 2-21. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00259-8>
- Roger, L., Maubant, P., & Caselles-Desjardins, B. (2011). Les pratiques éducatives des enseignants, Entre savoirs d'enseignement, savoirs d'expérience et savoirs professionnels. Dans P. Maubant (Éd.), *Enjeux de la place des savoirs dans les pratiques éducatives en contexte scolaire* (pp.213-248). Presses de l'Université du Québec.
- Roth, W.-M. (1998). Teaching and learning as everyday activity. Dans B. J. Fraser, & K. Tobin (Éds.), *International handbook of science education* (pp.169-181). Kluwer.
- Roth, W.-M. (2001). Learning science through technological design. *Journal of research in science teaching*, 38(7), 768-790.
- Roth, W.-M., Tobin, K., & Ritchie, S. (2001). *Re/Constructing elementary science*. Peter Lang.
- Roy, J.-R. (1998). *Les héritiers de Prométhée*. Presses de l'Université Laval.

- Roy, N., & Garon, R. (2013). Étude comparative des logiciels d'aide à l'analyse de données qualitatives: de l'approche automatique à l'approche manuelle. *Recherches Qualitatives*, 32(1), 154-180.
- Roy, S. (2010). L'étude de cas. Dans B. Gauthier (Éd.), *Recherche Sociale: De la problématique à la collecte de données* (5^e, pp.199-225). Presses de l'Université du Québec.
- Russell, T. (2015). Secondary Science Teacher Education. Dans R. Gunstone (Éd.), *Encyclopedia of Science Education* (pp.957-961). Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-2150-0_193
- Sadler, P.M., Coyle, H. P., & Schwartz, M. (2000). Engineering Competitions in the Middle School Classroom: Key Elements in Developing Effective Design Challenges. *Journal of the Learning Sciences*, 9(3), 299-327. https://doi.org/10.1207/S15327809JLS0903_3
- Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issues: a critical review of research. *Journal of Research in Science Teaching*, 41, 513-536.
- Samson, G. (2010). Regards croisés d'élèves et d'enseignants sur une didactique de l'interdisciplinarité. Le transfert des apprentissages peut-il être visé en mathématiques, sciences et technologie au secondaire? *Revue de l'interdisciplinarité didactique*, 1(1), 41-65.
- Samson, G. (2013). Pratiques de l'intégration des mathématiques, des sciences et des technologies: est-ce possible? Dans S. Houde, & J.-C. Kalubi (Éds.), *Intégrer des matières ou développer des apprentissages? Approches plurielles en milieu scolaire* (pp.83-101). Presses Inter Universitaires.
- Samson, G. (2014). From Writing to Doing: The Challenges of Implementing Integration (and Interdisciplinarity) in the Teaching of Mathematics, Sciences, and Technology. *Canadian Journal of Science, Mathematics & Technology Education*, 14(4), 346-358. <https://doi.org/10.1080/14926156.2014.964883>
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM Education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20-26.
- Sanders, M., & Wells, J. (Éds.). (2010). *Integrative STEM Education*. www.soe.vt.edu/estmed/index.html
- Santerre, L. (2006). La part de l'école dans le développement d'une culture scientifique et technique. Dans A. Hasni, Y. Lenoir, & J. Lebeaume (Éds.), *Différentes vision de la culture scientifique et*

technologique: défis et contraintes pour les enseignants. Dans le contexte des réformes par compétences (pp.41-58). Presses de l'Université du Québec.

Sauvé, L. (1997). *Pour une éducation relative à l'environnement : éléments de design pédagogique : guide de développement professionnel à l'intention des éducateurs.* Guérin.

Savoie-Zajc, L. (2009). L'entrevue semi-dirigée. Dans B. Gauthier (Éd.), *Recherche sociale, de la problématique à la collecte des données* (5^e, pp.337-360). Presses de l'Université du Québec.

Savoie-Zajc, L. (2010). Les dynamiques d'accompagnement dans la mise en place de communautés d'apprentissage de personnels scolaires. *Éducation & formation, e-293*, 9-20.

Savoie-Zajc, L. (2011). La recherche qualitative/interprétative en éducation. Dans T. Karsenti, & L. Savoie-Zajc (Éds.), *La recherche en éducation: étapes et approches* (pp.123-147). ERPI.

Savoie-Zajc, L. (2018). La recherche qualitative/interprétative. Dans T. Karsenti, & L. Savoie-Zajc (Éds.), *La recherche en éducation: étapes et approches* (4^e pp.192-217). Presses de l'Université de Montréal.

Savoie-Zajc, L., & Karsenti, T. (2004). La méthodologie. Dans T. Karsenti, & L. Savoie-Zajc (Éds.), *La recherche en éducation: Étapes et approches* (pp.109-121). Éditions du CRP.

Savoie-Zajc, L., & Karsenti, T. (2018). La méthodologie. Dans T. Karsenti, & L. Savoie-Zajc (Éds.), *La recherche en éducation: étapes et approches* (4^e pp.139-152). Presses de l'Université de Montréal.

Schmidt, W. H., Burroughs, N. A., & Cogan, L. S. (2013). On the road to reform: K-12 science education in the United States. *The Bridge- Linking engineering and society*, 43(1), 7-14.

Schneuwly, B., Dolz, J., & Ronveaux, C. (2006). Le synopsis: un outil pour analyser les objets enseignés. Dans M.-J. Perrin-Glorian, & Y. Reuter (Éds.), *Les méthodes de recherche en didactiques* (pp.175-190). Presses universitaires du Septentrion.

Schön, D. (1994). *Le praticien réflexif.* Éditions Logiques.

Scott, D. (2008). *Critical essays on major curriculum theorists*. Routledge.

Sherman, T. M., Sanders, M., & Kwon, H. (2009). Teaching in middle school Technology Education: a review of recent practices. *International Journal of Technology and Design Education*, 20(4), 367-379. <https://doi.org/10.1007/s10798-009-9090-z>

Shulman, L. S. (1987). Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. *Harvard Educational Review*, 53, 1-22.

Sim, J. (1998). Collecting and analysing qualitative data: issues raised by the focus group. *Journal of Advanced Nursing*, 28, 345-352.

Simonneaux, L. (2010). Introduction des questions scientifiques socialement vives dans l'enseignement agricole français: Implication des recherches en didactique dans la formation des enseignants. Dans A. Hasni, & J. Lebeaume (Éds.), *Enjeux contemporains de l'éducation scientifique et technologique* (pp.81-124). Presses de l'Université d'Ottawa.

Siverling, E. A., Suazo-Flores, E., Mathis, C. A., & Moore, T. J. (2019). Students' use of STEM content in design justifications during engineering design-based STEM integration. *School Science and Mathematics*, 119(8), 457-474. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/ssm.12373>

Soler, L. (2009). *Introduction à l'épistémologie*. Ellipses.

Solomon, J., & Aikenhead, G. (1994). *STS education: international perspectives on reform*. Teachers College Press.

Sommet international sur la profession enseignante [SIPE]. (2015). *Mettre en oeuvre des politiques et des pratiques hautement efficaces en enseignement*. Asia Society. Repéré le 2015-08-28 à http://sipe2015.org/Documents/ISTP-Asia-Society-report_Final_FR.pdf

Stake, R. E. (1995). *The art of case study research*. Sage Publications.

Stake, R. E. (2000). Case studies. Dans N. K. Denzin, & Y. S. Lincoln (Éds.), *Handbook of qualitative research* (pp.435-454). Sage Publications.

- Stone, J. R., Alfeld, C., & Pearson, D. (2008). Rigor and Relevance: Enhancing High School Students' Math Skills through Career and Technical Education. *American Educational Research Journal*, 45(3), 767-795. <http://www.jstor.org/stable/27667150>
- Styron, J. L., & Styron, R. A. (2012). Teaching to the Test: A Controversial Issue in Quantitative Measurement. *Journal of Systemics, Cybernetics and Informatics*, 10(5), 22-25. <https://www.ingentaconnect.com/content/doi/16904532/2012/00000010/00000005/art00008>
- Talbot, L. (2012). Les recherches sur les pratiques d'enseignement efficaces. Synthèse, limites et perspectives. *Questions Vives*, 6(18), 129-140.
- Tardif, M., & Lessard, C. (1999). *Le travail enseignant au quotidien: contribution à l'étude du travail dans les métiers et les professions d'interactions humaines*. Presses de l'Université Laval.
- Tardif, M., Lessard, C., & Lahaye, L. (1991). Les enseignants des ordres d'enseignement primaire et secondaire face aux savoirs : Esquisse d'une problématique du savoir enseignant. *Sociologie et société*, 23(1), 55-69.
- Thouin, M. (2014). *Réaliser une recherche en didactique*. Éditions Multimondes.
- Thouin, M. (2017). L'épistémologie et la recherche en didactique : Les visées des sciences et les modèles. *Revue canadienne des jeunes chercheuses et chercheurs en éducation*, 8(1), 107-115.
- Tobin, K., & Fraser, B. J. (1988). Investigations of exemplary practice in high school science and mathematics. *Australian Journal of Education*, 32(1), 75-94.
- Tobin, K., & Fraser, B. J. (1990). What does it mean to be an exemplary science teacher? *Journal of research in science teaching*, 27(1), 3-25.
- Tobin, K., & Garnett, P. (1988). Exemplary practice in science classrooms. *Science Education*, 72(2), 197-208.
- Tobin, K., Treagust, D. F., & Fraser, B. J. (1988). An investigation of exemplary biology teaching. *The american biology teacher*, 50(3), 142-147.

- Tran, N. A., & Nathan., M. J. (2010a). Effects of pre-college engineering studies on mathematics and science achievements for high school students. *International Journal of Engineering Education*, 26(5), 1049–1060.
- Tran, N. A., & Nathan., M. J. (2010b). An investigation of the relationship between precollege engineering studies and student achievement in science and mathematics. *Journal of Engineering Education*, 99(2), 143-157.
- Treagust, D. F. (1991). A case study of two exemplary biology teachers. *Journal of research in science teaching*, 28(4), 329-342.
- Organisation des Nations-Unies pour l'Éducation, la Science et la Culture [UNESCO] (1990). *Éléments pour une stratégie internationale d'action en matière d'éducation et de formation relative à l'environnement pour les années 1990*. UNESCO.
- Organisation des Nations-Unies pour l'Éducation, la Science et la Culture [UNESCO]. (2003). L'enseignement des sciences a-t-il un avenir? *Bulletin de l'éducation aujourd'hui*, Juillet-Septembre 2003.
- Uwamariya, A., & Mukamurera, J. (2005). Le concept de « développement professionnel » en enseignement : approches théoriques. *Revue des sciences de l'éducation*, 31(1), 133-155.
<https://doi.org/10.7202/012361ar>
- Valentine, J., & Painter, B. (1996). *The instructional practices inventory*. Middle Level Leadership Center.
- Van der Maren, J.-M. (1995). *Méthode de recherche pour l'Éducation*. Presses de l'Université de Montréal.
- Van Haneghan, J. P., Pruet, S. A., Neal-Waltman, R., & Harlan, J. M. (2015). Teacher beliefs about motivating and teaching students to carry out engineering design challenges: some initial data. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 5(2), 1-9.
<https://doi.org/https://doi.org/10.7771/2157-9288.1097>
- VanTassel-Baska, J., & Little, C. A. (2011). *Content-based curriculum for high-ability learners*. Prufrock Press.

- Vasquez, J., Sneider, C., & Comer, M. (2013). *STEM lesson essentials, grades 3–8: integrating science, technology, engineering, and mathematics*. Heinemann.
- Venville, G. (2012). Focus on engineering. Bridge building at Southern High School. Dans L. Rennie, G. Venville, & J. Wallace (Éds.), *Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics. Issues, Reflections, and Ways Forward* (pp.34-44). Routledge.
- Venville, G. (2015). Integrated Curricula. Dans R. Gunstone (Éd.), *Encyclopedia of Science Education* (pp.522-527). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-2150-0_193
- Venville, G., Rennie, L., & Wallace, J. (2003). Student understanding and application of science concepts in the context of an integrated curriculum setting. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 1(4), 449-475. <https://doi.org/10.1007/s10763-005-2838-3>
- Venville, G., Rennie, L. J., & Wallace, J. (2012). Curriculum integration: Challenging the assumption of school science as powerful knowledge. Dans B. J. Fraser, K. G. Tobin, & C. J. McRobbie (Éds.), *Second international handbook of science education* (pp.737-749). Springer.
- Venville, G., Sheffield, R., Rennie, L. J., & Wallace, J. (2008). The Writing on the Wall: Classroom Context, Curriculum Implementation, and Student Learning in Integrated, Community-Based Science Projects. *Journal of research in science teaching*, 45(8), 857-880.
- Venville, G., Wallace, J., Rennie, L. J., & Malone, J. (2000). Bridging the boundaries of compartmentalised knowledge: student learning in an integrated environment. *Research in Science & Technological Education*, 18(1), 23-35.
- Venville, G., Wallace, J., Rennie, L. J., & Malone, J. A. (2002). Curriculum integration: Eroding the high ground of science as a school subject? *Studies in Science Education*, 37, 43-84.
- Vincent, S., Garnier, C., & Marinacci, L. (2006). Les pratiques éducatives en sciences et en technologie: Points de vue d'enseignants et d'enseignantes. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 6(2), 119-143. <https://doi.org/10.1080/14926150609556692>
- Voogt, J., & Roblin, N. P.(2012). A comparative analysis of international frameworks for 21st century competences: Implications for national curriculum policies. *Journal of Curriculum Studies*, 44(3), 299-321. <https://doi.org/10.1080/00220272.2012.668938>

- Vryzas, K. & Tsitouridou, M. (2011). Technologie, culture et éducation. *Synergies Sud-Est européen*, 3, 15-34.
- Wallace, J. (2005). Reading accounts: central themes in science teachers' descriptions of exemplary teaching practice. Dans S. Alsop, L. Bencze, & E. Pedretti (Éds.), *Analysing exemplary science teaching: theoretical lenses and a spectrum of possibilities for practice* (pp.171-182). Open University Press.
- Wang, H. H., Moore, T. J., Roehrig, G. H., & Park, M. S. (2011). STEM integration: teacher perceptions and practice. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 1–13.
<https://doi.org/https://doi.org/10.5703/1288284314636>
- Wautelet, M. (2005). *Sciences, technologies et société. Questions et réponses*. De Boeck.
- Weingart, P.(2010). A short history of knowledge formations. Dans R. Frodeman (Éd.), *The Oxford Handbook of Interdisciplinarity* (pp.3-14). Oxford University Press.
- Westera, W. (2001). Competences in education. A confusion of tongues. *Journal of Curriculum Studies*, 33, 75-88.
- Williams, A., Cowdroy, R., & Wallis, L. (2012). Design. Dans J. Williams (Éd.), *Technology education for teachers* (pp.93-114). Sense Publishers.
- Williams, J. (2012). Introduction. Dans J. Williams (Éd.), *Technology education for teachers* (pp.1-14). Sense Publishers.
- Wilson, H., & Mant, J. (2011a). What makes an exemplary teacher of science? The pupils' perspective. *SSR*, 93(342), 121-125.
- Wilson, H., & Mant, J. (2011b). What makes an exemplary teacher of science? The teachers' perspective. *SSR*, 93(343), 115-119.
- Yager, R. E. (2015). STEM: A Focus for Current Science Education Reforms. *K-12 STEM Education*, 1(1), 1-4.

- Yager, R. E. (Éd.). (2009). *Inquiry: The key to Exemplary Science*. NSTA Press.
- Yager, R. E. (Éd.). (2012). *Exemplary Science for Building Interest in STEM Careers*. NSTA Press.
- Yager, R. E., & Falk, J. H. (Éds.). (2008). *Exemplary Science in Informal Education Settings. Standards-Based Success Stories*. NSTA Press.
- Yin, R. K. (1994). *Case study research: Design and Methods* (2e). Sage.
- Yin, R. K. (2014). *Case study research. Design and Methods* (5e). Sage.
- Young, D., & Gehrke, N. (1993). Curriculum integration for transcendence: A critical review of recent books on curriculum integration. *Curriculum Inquiry*, 23(445-454).
- Young, M. (2008). From constructivism to realism in the sociology of the curriculum. In G. J. Kelly, A. Luke & J. Green (Eds.), *What counts as knowledge in educational settings: Disciplinary knowledge, assessment and curriculum* (Review of Research in Education series, Vol. 32) (pp. 1–28). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Zeidler, D. (2015). Socioscientific Issues. Dans R. Gunstone (Éd.), *Encyclopedia of Science Education* (pp.998-1002). Springer.
- Zeidler, D., Sadler, T. D., Simmons, M., & Howe, E. (2005). Beyond STS: A research-based framework for socioscientific issues education. *Science Education*, 89(3), 357-377.