

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Faculté d'éducation

LA DÉMARCHE DE CONCEPTION TECHNOLOGIQUE DANS LES PRATIQUES
D'ENSEIGNEMENT AU SECONDAIRE AU QUÉBEC: RÉSULTATS D'UNE
ENQUÊTE PAR ENTREVUES

Par

Brahim El Fadil

Thèse présentée à la Faculté d'éducation

en vue de l'obtention du grade de

Philosophiæ Doctor (Ph.D.)

Décembre 2016

© Brahim El Fadil

UNIVERSITÉ DE SHERBROOKE

Faculté d'éducation

LA DÉMARCHE DE CONCEPTION TECHNOLOGIQUE DANS LES PRATIQUES
D'ENSEIGNEMENT AU SECONDAIRE AU QUÉBEC: RÉSULTATS D'UNE
ENQUÊTE PAR ENTREVUES

Brahim El Fadil

La thèse a été évaluée par un jury composé des personnes suivantes:

PRÉSIDENT DU JURY

Monsieur Enrique Correa Molina, vice-doyen à la formation continue et au développement international et Secrétaire de faculté, Faculté d'éducation, Université de Sherbrooke

MEMBRES DU JURY

Directeur de recherche

Le professeur Abdelkrim Hasni
Faculté d'éducation, Université de Sherbrooke, Canada

Codirecteur de recherche

Le professeur Joël Lebeaume
Université Paris Descartes, France

Codirecteur de recherche

Le professeur Jean-Marc Drouet
Faculté de génie, Université de Sherbrooke, Canada

Examineur interne

La professeure Fatima Bousadra
Faculté d'éducation, Université de Sherbrooke, Canada

Examineur externe

Le professeur Abdelkrim Zaid
Université de Lille, France

Examineur externe

Le professeur Martin Riopel
Université du Québec à Montréal, Canada

Thèse soutenue le 15 décembre 2016

*À ma chère épouse Maha et mes chers enfants
Adam, Sam et Zackary.*

À ma mère.

À l'âme de mon père.

À mes frères et sœurs.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier vivement mon directeur de thèse, Abdelkrim Hasni, pour sa rigueur intellectuelle, ses discussions constructives et ses remarques pertinentes qui ont stimulé ma réflexion tout au long de ce projet.

Ma profonde gratitude va à mon codirecteur de thèse, Joël Lebeaume, pour sa disponibilité, pour sa rigueur intellectuelle et ses remarques clairvoyantes.

Ma profonde reconnaissance va également à mon codirecteur de thèse, Jean-Marc Drouet, pour sa rigueur intellectuelle et ses remarques pertinentes.

Je remercie chaleureusement toutes les enseignantes et tous les enseignants qui ont accepté de participer aux entrevues de l'enquête et de partager leurs expériences. Je remercie également mes chers camarades Vincent Belletête et Carl Emond d'avoir accepté de lire mon travail et de me faire des suggestions pertinentes. Je remercie également le Fonds québécois de recherche sur la société et la culture (FRQSC) et l'Université de Sherbrooke pour leur soutien financier.

Je remercie aussi les professeurs Fatima Bousadra, Martin Riopel et Abdelkrim Zaid d'avoir accepté de lire ce travail et de participer au jury d'évaluation.

Enfin, je réserve ma gratitude et mes remerciements les plus profonds:

- à ma femme Maha et mes enfants Adam, Sam et Zackary pour leur amour et leur soutien inconditionnel pendant toutes ces années de thèse;
- à l'âme de mon père, à ma mère, mes frères, sœurs et amis pour leur compréhension et leur soutien.

SOMMAIRE

Cette recherche s'inscrit dans les préoccupations récentes du système éducatif québécois à l'égard de l'éducation technologique d'une manière générale, et de l'enseignement de la démarche de conception technologique en particulier, au niveau secondaire. La récente réforme des programmes de formation de l'école québécoise marque une rupture avec les anciens programmes. Parmi les changements curriculaires majeurs qui marquent la récente réforme, il y a l'intégration des sciences et des technologies en une seule discipline scolaire obligatoire pour les quatre premières années du secondaire, le recours à l'approche par compétences, la prise en compte des problématiques sociales et l'adoption d'une perspective épistémologique constructiviste.

Pour rendre compte de la contribution de l'éducation technologique à la formation des élèves, nous avons considéré une analyse à trois niveaux en nous basant sur les pratiques déclarées d'enseignants de science et technologie au secondaire. Le premier niveau est celui des contenus de cette discipline. Le deuxième niveau est celui des finalités que cette éducation poursuit. Le troisième niveau est celui des approches d'enseignement mises en œuvre pour enseigner les contenus de cette discipline. À la démarche de conception technologique correspond un processus qui permet de mettre en relation les contenus technologiques (disciplinaires), la conception d'une solution à un problème utile (réalisation) et à l'acquisition des concepts de cette discipline. Nous avons constaté, par une recherche bibliographique, que l'enseignement de ce processus, qui compose l'objet de notre recherche, est peu abordé par la recherche dans le contexte québécois: si l'enseignement des sciences et technologies a fait l'objet de plusieurs recherches abordant les enjeux qu'il véhicule et leurs liens avec la formation des jeunes, la démarche de conception technologique est très peu abordée dans le contexte québécois.

Notre objectif général de recherche est de décrire les pratiques d'enseignement déclarées qui font appel à l'enseignement de la démarche de conception technologique. L'étude s'est basée sur des entrevues réalisées auprès de 19 enseignants de science et technologie au secondaire.

Le cadre conceptuel retenu pour aborder notre objet de recherche se compose de trois concepts issus de la didactique de l'éducation technologique. Il s'agit, d'une part, de deux concepts disciplinaires, les savoirs technologiques et la démarche de conception technologique, et d'autre part, le troisième concept qui est celui des pratiques d'enseignement déclarées. Ce dernier concept nous sert de base pour élaborer notre cadre d'analyse qui sera ensuite mobilisé pour appréhender les pratiques déclarées lorsque les enseignants mettent en œuvre des situations d'enseignement-apprentissage basées sur la conception technologique en classe.

Les résultats de l'étude montrent que les répondants entretiennent des conceptions et des définitions très variées à l'égard des caractéristiques de la démarche de conception technologique. Cela s'accompagne par une diversité de modalités de mise en œuvre de la démarche en classe. Pour certains, la situation d'enseignement-apprentissage présente, pour l'élève, un problème technologique à résoudre et sa résolution nécessite une démarche rigoureuse qui finira par la conception d'un objet répondant au besoin de départ, alors que pour d'autres, bien que leur situation d'apprentissage présente un problème, la démarche de résolution est laissée au tâtonnement et, dans ce cas, l'élève peut ou pas arriver à un produit final répondant au problème. Dans d'autres cas, la situation d'enseignement-apprentissage proposée pour l'élève présente non seulement un problème technique à résoudre, mais également sa solution. Pour construire son objet technique, l'élève n'a qu'à suivre la démarche fournie par l'enseignant, l'expert.

En outre, les objectifs du recours à la démarche de conception révèlent une centration sur les finalités soit d'ordre psychopédagogique (différentiation pédagogique, motivation et engagement des élèves, bonne méthode de travail, etc.), soit d'ordre sociologique (travail en équipe, collaboration, construction des connaissances en communauté, etc.). Quatre répondants seulement ont évoqué les finalités d'ordre épistémologique (comprendre les problèmes technologiques complexes, proposer différentes solutions aux problèmes technologiques, comprendre et donner du sens aux concepts technologiques, etc.).

Cette étude confirme une problématique dans les pratiques des enseignants lorsqu'ils traitent des contenus de l'univers technologique en général et de la démarche de conception en particulier.

TABLE DES MATIÈRES

SOMMAIRE	3
LISTE DES TABLEAUX	9
LISTE DES FIGURES	10
INTRODUCTION.....	11
PREMIER CHAPITRE - PROBLÉMATIQUE	13
1. L'ÉVOLUTION DE L'ÉDUCATION TECHNOLOGIQUE.....	13
1.1 L'éducation technologique à l'échelle internationale	13
1.3 Les missions de l'ET	18
1.4 La DCT et ses justifications	22
1.5 Le problème de modalités pédagogiques d'enseignement.....	23
2. L'ÉDUCATION TECHNOLOGIQUE ET SA RECONFIGURATION AU QUÉBEC ..	25
2.1 Le contexte de la réforme éducative du Québec	25
2.2 La reconfiguration de l'ET dans le récent Programme de formation de l'école québécoise (PFEQ)	26
2.2.1 <i>Les finalités</i>	27
2.2.2 <i>La structure du programme</i>	28
2.3 La DCT dans les pratiques de classes au Québec	37
3. LA SYNTHÈSE	39
4. LA QUESTION GÉNÉRALE DE LA RECHERCHE	40
DEUXIÈME CHAPITRE - CADRE CONCEPTUEL	41
1. L'ÉDUCATION TECHNOLOGIQUE	41
1.1 Le contenu de l'ET.....	41
1.1.1 <i>Les différentes composantes de l'ET</i>	41
1.1.2 <i>Les savoirs technologiques: quelques clarifications</i>	50
1.2 La DCT: un contenu particulier	60
1.2.1 <i>Les concepts essentiels de la DCT</i>	61
1.2.2 <i>Les compétences fondamentales à la conception</i>	63
1.2.3 <i>Les différentes considérations de la DCT</i>	63
1.2.4 <i>Les caractéristiques communes aux approches de la DCT</i>	69
1.2.5 <i>Des considérations au regard de la construction du problème</i>	71
1.3 La DCT et la démarche d'investigation scientifique: points communs et différences.	74
2. LES VISÉES DE L'ET: LE POURQUOI.....	76
2.1 Les différentes perspectives de l'ET	76
2.2 Les finalités et le rationnel du choix des contenus.....	78
2.3 Les fonctions de la DCT	82
2.4 Les dérives possibles.....	87
3. LA SYNTHÈSE	89
4. LES APPROCHES PÉDAGOGIQUES D'ENSEIGNEMENT	92
4.1 Les approches transmissives	92
4.2 Les approches socioconstructivistes	93
5. LES PRATIQUES D'ENSEIGNEMENT COMME ANGLE D'APPROCHE	95

5.1	Les fondements des pratiques d'enseignement	95
5.2	Les pratiques déclarées	97
6.	LES OBJECTIFS SPÉCIFIQUES À LA RECHERCHE.....	98
6.1	Les objectifs opératoires	98
6.2	Les retombées	99
	TROISIÈME CHAPITRE - MÉTHODOLOGIE	101
1.	LE PROTOCOLE DE RECUEIL DE DONNÉES	101
1.1	Les éléments méthodologiques considérés	101
1.2	L'échantillon	103
1.3	L'instrument de recueil des données.....	105
2.	LES MODALITÉS DE TRAITEMENT DE DONNÉES	107
2.1	Les techniques de traitement des données qualitatives	108
2.2	La construction des grilles d'analyse	110
	QUATRIÈME CHAPITRE - RÉSULTATS DE LA RECHERCHE	115
1.	LES CARACTÉRISTIQUES DE L'ÉCHANTILLON	115
2.	LA DÉMARCHE DE CONCEPTION DANS LES PRATIQUES DÉCLARÉES.....	120
2.1	La description du déroulement global.....	120
2.2	Les apprentissages visés déclarés et évaluations prévues	122
2.3	Les défis ou difficultés rencontrés	134
3	LES OBJECTIFS ET FINALITÉS DE L'ENSEIGNEMENT DE LA DCT	141
3.1	Les principales caractéristiques de la DCT.....	141
3.2	La DCT vs la DIS: différences et points communs.....	144
3.2.1	<i>Les finalités de la DCT.....</i>	149
3.2.2	<i>Les finalités de l'enseignement de l'univers technologique au secondaire</i>	151
3.2.3	<i>L'intégration des sciences et technologies dans la même discipline</i>	153
3.3	La place de l'univers technologique dans le programme.....	155
3.4	Le temps consacré à l'enseignement de l'UT	159
3.5	Le temps consacré à l'enseignement de la DCT	162
4.	LA SYNTHÈSE	163
	CINQUIÈME CHAPITRE - DISCUSSION DES RÉSULTATS.....	166
1.	LES MODALITÉS DE MISE EN ŒUVRE DE LA DCT: CONVERGENCES ET DIVERGENCES.....	167
1.1	Les modalités présentant un problème «bien défini».....	168
1.1.1	<i>Des modalités s'inscrivant dans la logique d'une démarche de conception axée sur l'investigation.....</i>	168
1.1.2	<i>Les modalités axées sur le tâtonnement</i>	177
1.2	Les modalités axées sur le guidage d'action	180
2.	LA COMPRÉHENSION DE LA DCT	184
2.1	Les différentes définitions.....	184
2.2	La relation entre les définitions et la mise en œuvre de la DCT	189
2.3	La DCT et la DIS: caractéristiques communes et différences	190
2.4	L'intégration des contenus scientifiques et technologiques.....	196
2.5	Les finalités de l'ET: points de vue des enseignants.....	198
3.	LA FORMATION DES ENSEIGNANTS ET LES MODALITÉS DE MISE EN ŒUVRE.....	199

4. LES DÉFIS RENCONTRÉS	201
4.1 Les défis des élèves du point de vue de l'enseignant.....	202
4.2 Les défis des enseignants	202
4.3 Les défis liés au rôle du technicien du point de vue de l'enseignant	204
CONCLUSION	206
Limites de l'étude et recommandations	214
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	217
Annexe A - Les objectifs d'éducation technologique (Ritz, 2009, p. 59).....	230
Annexe B - Le guide d'entrevue	231
Annexe C - La description des situations discutées avec les répondants	238
Annexe D - Le tableau récapitulatif – vue de l'ensemble des résultats.....	245

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 - Les objectifs essentiels de l'ET visant la culture technologique.....	20
Tableau 2 - Normes pour la culture technologique.....	47
Tableau 3 - Séquence de résolution de problème de Dewey.....	68
Tableau 4 - Grille d'analyse du déroulement de la DCT.....	112
Tableau 5 - Catégories des apprentissages visés.....	113
Tableau 6 - Situation d'apprentissage (SA) par sujet.....	116
Tableau 7 - Formation postsecondaire suivie en technologie.....	117
Tableau 8 - Formation en enseignement de la technologie.....	118
Tableau 9 - Niveaux scolaires couverts par les répondants.....	120
Tableau 10 - Description sommaire du déroulement des trois premières situations d'apprentissage décrites par les sujets S1 et S2.....	121
Tableau 11 - Apprentissages visés et éléments évalués en fonction des sujets et SA.....	123
Tableau 12 - Catégories des apprentissages visés.....	127
Tableau 13 - Catégories des éléments évalués.....	131
Tableau 14 - Défis rencontrés par différents acteurs de la DCT du point de vue de l'enseignant	134
Tableau 15 - Défis et difficultés rencontrés par les élèves du point de vue de l'enseignant.....	136
Tableau 16 - Difficultés rencontrées par l'enseignant lui-même.....	138
Tableau 17 - Catégories des difficultés rencontrées par le technicien.....	140
Tableau 18 - Principales caractéristiques de la DCT.....	142
Tableau 19 - Caractéristiques communes entre la DIS et la DCT.....	144
Tableau 20 - Différences entre la DCT et la DIS.....	146
Tableau 21 - Les finalités de l'enseignement de la DCT au secondaire.....	149
Tableau 22 - Finalités de l'enseignement de l'UT au secondaire.....	152
Tableau 23 - Intégration ou non des sciences et technologies.....	154
Tableau 24 - Intégration des contenus scientifiques et technologiques dans la pratique.....	155
Tableau 25 - L'UT a une place adéquate dans le programme.....	156
Tableau 26 - L'UT n'a pas de place adéquate dans le programme.....	157
Tableau 27 - Le temps consacré à l'UT dans les pratiques des répondants.....	160
Tableau 28 - Finalités de la DCT et de l'UT.....	165
Tableau 29 - Défis émergents.....	204

LISTE DES FIGURES

Figure 1 – Trois orientations des curriculums de l’ET.....	16
Figure 2 – Structure du programme de science et technologie et ses relations avec d’autres composantes du PFEQ.....	29
Figure 3 – Cohérence des tâches, de leurs visées.....	44
Figure 4 – Connaissances relatives aux activités.....	55
Figure 5 – Roulement à billes.....	56
Figure 6 – Caractéristiques de la DCT.....	90
Figure 7 – Processus de recueil et d’analyse des données de l’étude.....	108
Figure 8 – Nombre d’enseignants par Baccalauréat ou par diplôme disciplinaire obtenu.....	117
Figure 9 – Nombre d’années d’expérience en enseignement des répondants.....	119
Figure 10 – Les périodes consacrées à l’enseignement de la DCT par les répondants.....	164
Figure 11 – Modalités de mise en œuvre de la DCT dans les pratiques déclarées.....	169
Figure 12 – Définitions techniques de la DCT.....	186
Figure 13 – Définitions de la DCT comme démarche d’investigation.....	188
Figure 14 – Caractéristiques communes et différences entre la DCT et la DIS.....	193
Figure 15 – DCT vs DIS, cas particulier.....	194

INTRODUCTION

Au cours des dernières décennies, l'enseignement de la technologie a connu une profonde reconfiguration dans la plupart des systèmes éducatifs à travers le monde. Au Québec, les récents programmes de science et technologie (ST) au secondaire s'appuient sur de nouvelles orientations. Parmi ces orientations, nous retrouvons notamment l'adoption de l'approche par compétences, l'intégration des sciences et technologies en une seule discipline, ainsi que la prise en considération des problématiques sociales. Au niveau pédagogique, les enseignants sont désormais appelés à mettre en œuvre des situations d'enseignement et d'apprentissage ouvertes, contextualisées et intégratives (Gouvernement du Québec, 2006). Notons qu'une situation est considérée comme ouverte lorsqu'elle présente des données de départ susceptibles de mener à différentes pistes de solution. Une situation est dite contextualisée lorsqu'elle s'inspire des questions de l'actualité, des réalisations scientifiques et technologiques liées à la vie quotidienne des élèves ou des grands enjeux de l'heure (changement climatique, défis énergétiques, l'épuisement des ressources naturelles (eau, pétrole, mine), etc.). Une situation est considérée comme intégrative lorsqu'elle permet de mobiliser des connaissances issues des différents univers du contenu de formation (univers matériel, univers terre et espace, univers vivant et univers technologique). Dans la foulée de ces changements, l'enseignement des contenus technologiques est particulièrement interpellé.

Notre thèse s'inscrit dans ces changements curriculaires et vise à apporter un éclairage sur la manière avec laquelle des enseignants de ST abordent l'enseignement de la démarche de conception technologique (DCT) au niveau secondaire.

Ce travail se divise en six chapitres. Dans le premier chapitre, nous développons la problématique de l'enseignement de l'éducation technologique (ET) en général et celui de la DCT en particulier. Dans le deuxième chapitre, nous présentons le cadre conceptuel qui oriente notre analyse, c'est-à-dire «le quoi» enseigner, «le pourquoi» l'enseigner et «le comment» l'enseigner. Ces trois dimensions donnent sens aux réflexions sur les contenus disciplinaires, les finalités de cet enseignement, ainsi que les

approches d'enseignement. Dans le troisième chapitre, nous exposons le cadre méthodologique de notre recherche, à savoir les aspects que nous devons considérer afin d'aborder les pratiques d'enseignement, le choix de la méthode de recherche, ainsi que les procédures de collecte, de traitement et d'analyse des données. Dans le quatrième chapitre, nous présentons les résultats de notre analyse de données. Le cinquième chapitre présente d'abord l'interprétation et ensuite la discussion des résultats de la recherche. Enfin, dans la conclusion, nous rappelons sommairement quelques-uns des résultats saillants de cette étude, pour finalement présenter leurs implications sur le curriculum d'une manière générale ainsi que sur la formation initiale et continue des enseignants plus spécifiquement. Cette étude se conclut par la considération des limites de la recherche et par la formulation de recommandations utiles pour la recherche d'une part, et pour les parties prenantes d'autre part.

PREMIER CHAPITRE

PROBLÉMATIQUE

“If I had an hour to solve a problem I'd spend 55 minutes thinking about the problem and 5 minutes thinking about the solutions.”

Albert Einstein

1. L'ÉVOLUTION DE L'ÉDUCATION TECHNOLOGIQUE

1.1 L'éducation technologique à l'échelle internationale

L'éducation technologique (ET) dans l'enseignement secondaire est l'une des disciplines scolaires que les élèves rencontrent dans leur parcours scolaire général leur permettant de se donner une représentation de la technologie à travers les expériences vécues en classe (Sadji, 2008). Elle peut être optionnelle ou obligatoire selon les systèmes éducatifs. Cependant, selon Léon (1980), son statut de discipline mineure et ses spécificités lui confèrent une marginalisation. Cette problématique n'est pas spécifique à un système éducatif en particulier; en ce sens, elle constitue une question internationale (Dakers et Dow, 2009; de Vries, 2005; Géminard, 2002; Ginestié, 2002). En effet, selon Dakers et Dow (2009), l'ET dans différents pays européens recouvre une variété de disciplines parmi lesquelles nous trouvons les arts graphiques, la conception d'objets artisanaux ou de produits, l'électronique, les structures, la mécanique, l'informatique, la cuisine, l'architecture et le textile. Ainsi, des méthodes pédagogiques d'enseignement, des modes d'évaluation, des relations enseignant-élèves et le lexique pédagogique sont communs à un nombre important de disciplines (Sadji, 2008). De même, dans cette discipline, les élèves découvrent, par la pratique ou pédagogie de projet, entre autres, les propriétés du bois, du métal et des matières plastiques. Ils sont initiés aux machines et aux outils utilisés pour la manipulation de ces matériaux et leur transformation en objets fabriqués ou en technologies. Ces modalités d'enseignement et d'apprentissage s'opposent à certains procédés pédagogiques d'enseignement communs à un nombre important d'autres disciplines scolaires (*Ibid.*).

Quant aux méthodes de réalisation de l'objet technologique, Dakers et Dow (2009) montrent que, dans la plupart des pratiques, les apprenants suivent un modèle de démarche de conception unique, proposé par l'enseignant, pour construire tous les objets identiques.

Aux États-Unis, le curriculum de l'ET, dans certains États, met l'accent sur les arts manuels et les techniques industrielles dans l'enseignement secondaire (Kelley, 2008). Dans cette perspective, les élèves sont amenés à faire des répétitions, de la mémorisation des modèles de solutions et à suivre des procédures d'approches déductives. Toutefois, ils sont souvent incapables d'appliquer ces procédures à des situations complexes de la vie de tous les jours (Walrath, 2008). D'ailleurs, Zuga (1989) montre que les curriculums de la plupart des écoles secondaires américaines du XX^e siècle sont centrés sur les techniques industrielles, les procédures, l'exploration des carrières et le développement des habiletés manuelles. En effet, dans son analyse des curriculums, Engstrom (2000) montre que cinq composantes essentielles reconfigurent les curriculums dans l'histoire de l'ET: 1) utilisation des outils et machines; 2) créativité technique; 3) habiletés techniques; 4) connaissances des consommateurs sur les produits industriels et 5) loisirs. D'une manière générale, les chercheurs américains constatent que les habiletés manuelles et l'utilisation des machines-outils semblent dominer les curriculums de cette éducation (*Ibid.*).

Or, le développement exponentiel des produits technologiques, le rôle des technologies de plus en plus important dans les enjeux et les choix de société ainsi que l'irruption des technologies de l'information dans tous les domaines ont conduit à considérer l'éducation technologique comme une nécessité sociale (Sadji, 2008). Cette nécessité s'est traduite par des orientations curriculaires centrées sur les approches pédagogiques, les méthodes de réalisation ainsi que les situations d'enseignement-apprentissage axées sur l'expérience pratique dans le cadre d'une démarche de conception, qui ont constitué l'orientation majeure des récents programmes de cette discipline (*Ibid.*). Le choix des références est alors considéré comme fondamental dans le développement des situations proposées aux élèves (Martinand, 2003).

Pour le choix des savoirs de référence pour l'école, trois critères ont été retenus par le programme français de la fin du siècle passé, soit les domaines qui sont considérés comme

importants pour le pays, intéressants pour les élèves et accessibles (*Ibid.*). Bien qu'autrefois le choix avait été limité à quelques domaines tels que la fabrication mécanique, le travail de service dans ses formes informatisées, des évolutions successives vers les domaines de l'automatique, l'électronique et l'informatique, l'économique et la gestion sont apparues par la suite. Néanmoins, selon Martinand (*Ibid.*), cette orientation a fait dévier les activités des domaines et pratiques sociales vers des disciplines techniques.

D'une manière générale, pour comprendre les tendances l'élaboration des curriculums, Ross (2000) distingue trois orientations: 1) orientation pilotée par les connaissances, «*content-driven*»; 2) orientation pilotée par les compétences, «*objectives-driven*»; et 3) orientation pilotée par les expériences, «*processus-driven*».

Dans la première orientation, pilotée par les connaissances, les curriculums mettent l'accent sur les savoirs et les concepts que les élèves doivent acquérir, ainsi que leur logique interne avec une tendance de découpage des contenus (de Landsheere, 1992; Lebeaume 2010). Ainsi, les activités qui en découlent visent à ce que les élèves en acquièrent la maîtrise (Sadji, 2008). Les connaissances mobilisées peuvent être des prérequis (Blyth, 1967), des connaissances de base dans les humanités classiques (Stylbeck, 1976, dans Sadji, 2008), des connaissances académiques (Goodson, 1987, dans Ross, 2000) ou humanistes libérales selon Golby (1989).

Dans la deuxième orientation, pilotage par compétences, les curriculums mettent l'accent sur le développement des compétences sociales exprimées en termes de besoin (sociétal, économique ou individuel). Cette logique privilégie l'apprentissage fonctionnel et la résolution de problèmes significatifs pour les élèves (Lebeaume, 2010). Ces compétences peuvent viser soit l'insertion sociale de l'individu (Lawton, Gordon, Ing, Gibby, Pring et Moore, 1978), soit les compétences utilitaires dont la société a besoin (Golby, 1989; Goodson, 1987).

Dans la troisième orientation, le pilotage par les expériences, les curriculums mettent l'accent sur l'individu comme tel. Elle focalise prioritairement sur le processus de découverte des activités sociales permettant de se situer dans le monde (Lebeaume, 2010). Dans cette perspective, qui s'inscrit dans l'apprentissage expérientiel de Dewey (1947), les outils pédagogiques sont au service de l'élève.

1.2 Les contenus technologiques: une grande diversité

En s'inspirant des travaux de Ross (2000), Lebeaume (2000) constate que l'histoire de l'ET est pilotée par les trois orientations suivantes: objectifs déclinés en compétences minimales (produit, référentiels professionnels), notions élémentaires (savoirs, liste de connaissances à acquérir) et articulation d'expériences significatives (processus, formation pratique) qu'il représente dans un trièdre schématisé à la figure 1 ci-dessous.

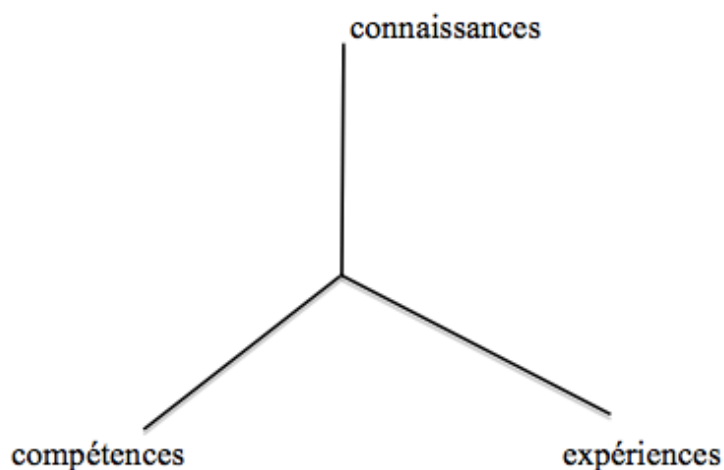


Figure 1 – Trois orientations des curriculums de l'ET (Lebeaume, 2010a, p. 13)

Lebeaume (2010) pousse cette analyse plus loin et montre que l'intérêt de la proposition de Ross (2000) réside davantage dans l'opposition qu'il présente entre ces trois orientations: un axe du trièdre quelconque s'oppose toujours au plan formé par les deux autres axes. À titre d'exemple, l'axe des connaissances s'oppose au plan formé par l'axe des compétences et l'axe des expériences.

L'opposition axes-plans révèle les tensions entre le produit et le processus valorisés dans les activités d'enseignement-apprentissage: l'axe des expériences fait alors prévaloir les démarches spécifiques qui sont désignées depuis plus d'un siècle par des mots slogans comme *observation*, *expérimentation* ou *investigation* afin de s'opposer à tout enseignement livresque qui confondrait leçon de choses et leçon de mots. (Lebeaume, 2010, p. 67)

Cette opposition est très profonde et dépasse même l'ordre pédagogique. Elle est aussi, comme le souligne Lebeaume (2010), d'ordre psychologique et épistémologique. Sous ce rapport, s'il y a une uniformité entre les disciplines des sciences expérimentales, l'ET s'en distingue en raison de son ambition qui n'est pas la production des connaissances validées par la critique expérimentale, mais la production d'artefacts. Ces spécificités font alors privilégier des initiations distinctes: connaissances-compétences ou compétences-expériences (voir les plans du trièdre de la figure 1 ci-dessus).

En outre, ces initiations opposées soulignent également les caractéristiques des connaissances à apprendre et à évaluer ou les compétences qui assurent leur mobilisation (*Ibid.*). Cependant, l'auteur clarifie trois problèmes majeurs qui sont reliés à cette reconfiguration: le discours officiel, l'alignement des approches et l'articulation d'ensemble des programmes.

Dans son analyse, Lebeaume (*Ibid.*) souligne que les énoncés et les textes officiels sont composés de trois ordres qui séparent les pratiques de classe entre les connaissances, les compétences et les expériences scolaires sans en clarifier l'ordre majeur. Cette séparation laisse l'interprétation aux enseignants et ouvre la porte à toutes œuvres possibles (éducation technologique comme science expérimentale, comme étude technique, etc.).

Pour le problème d'alignement des approches, certaines modalités de mise en œuvre des approches pédagogiques d'enseignement ordonnent le temps des démarches d'investigation sous forme d'étapes séquentielles: situation déclenchante, détermination d'un problème, mise en œuvre d'une démarche, puis une expérimentation (*Ibid.*). Or, selon Lebeaume (*Ibid.*), cet alignement a deux conséquences sur la nature des activités technologiques: la focalisation exclusive sur les domaines expérimentaux et la conversion de l'ET en une discipline expérimentale où les situations-problèmes prennent la place des situations de réalisation dans des projets technologiques (*Ibid.*).

Quant aux problèmes d'articulation d'ensemble, ils tendent à dissocier les orientations «produit» des orientations «processus» (*Ibid.*). À titre d'exemple, l'histoire de l'ET a connu plusieurs tentatives psychopédagogiques de «mise en place d'activités «adisciplinaires» qui se révèlent toujours en marge, généralement dévolues aux élèves en difficulté et le plus souvent

découplées des programmes à la fois par l'institution et par les pratiques enseignantes» (*Ibid.*, p. 68).

Bien que les trois orientations exposées ci-dessus soient pertinentes et complémentaires pour l'ET, nous avons choisi d'examiner davantage les processus, car ils permettent une articulation entre les deux autres orientations (connaissances et compétences) via une expérience significative.

Aux États-Unis, l'enseignement de l'ET a fait également un grand pas en avant dans l'établissement d'une orientation claire pour la discipline depuis la publication des Normes pour la culture technologique, *Standards for Technological Literacy: Content for the Study of Technology*, publiées par l'*International Technology Education Association* (ITEA, 2007). Ces normes ont clairement établi la nécessité de reconfigurer les curriculums de l'ET aux niveaux primaire et secondaire autour de la culture technologique. Cependant, ces normes ne spécifient particulièrement ni l'approche d'enseignement, ni le curriculum nécessaire pour rendre la culture technologique accessible à tous les élèves.

Par conséquent, depuis la publication des Normes de l'ITEA (2000), un grand nombre de nouveaux programmes ont été conçus pour inclure la conception technologique dans le curriculum de l'ET (Daugherty, 2008). Quelles sont donc les problématiques associées aux finalités de cette éducation reconfigurée?

1.3 Les missions de l'ET

Les missions et les objectifs de l'éducation en général sont formulés à travers au moins trois sources différentes: 1) empirique, 2) philosophique et 3) disciplinaire (spécialistes du domaine) (Zais, 1976).

Les objectifs d'origine empirique sont généralement développés en interrogeant les membres de la société et ensuite les résultats de cette analyse sont utilisés pour déterminer les directions de l'éducation. Les objectifs issus de cette source peuvent viser l'amélioration de la situation économique de la société, la formation du bon citoyen, l'établissement des fondements de la démocratie, etc.

Les objectifs d'origine philosophique sont dérivés des réflexions des grands

philosophes ou penseurs de l'époque, ainsi que leurs croyances de ce que l'école devrait être. Selon Ritz (2009), cette catégorie d'objectifs devrait contenir, entre autres, les points de vue des gouvernements afin de fixer des objectifs communs pour tous les apprenants.

Les objectifs d'origine disciplinaire sont couramment utilisés par des professionnels afin de structurer l'importance de leur discipline pour la meilleure éducation pour tous. Or, cette source a été souvent critiquée par plusieurs chercheurs vu sa perspective spécialiste qui est parfois étroite et technique. Pour l'éducation, nous devons regarder au-delà de la formation des ingénieurs, des techniciens ou des autres professionnels. Par conséquent, en termes d'objectifs, Ritz (*Ibid.*) soutient que les concepteurs des programmes, les enseignants et les autres parties prenantes doivent dépasser les limites des professions spécifiques afin d'orienter la finalité vers la culture technologique pour tous.

Martinand (2000, dans Sadjji, 2008), conceptualise les missions de l'éducation technologique ainsi:

- 1) une mission d'appui aux démarches d'orientation scolaire et professionnelle par la contribution à la construction de représentations des contextes techniques du travail et des métiers d'aujourd'hui, en tenant compte des différents contextes et de l'hétérogénéité des élèves;
- 2) une mission d'approche du monde technicisé par ses matières, ses instruments, ses ressources, ses lieux et ses rythmes;
- 3) une mission d'appropriation des techniques d'information et de communication par l'apprentissage des usages communs de l'ordinateur;
- 4) une mission de promotion d'une pédagogie de l'action, par et pour la réalisation collective. (p. 27)

L'auteur utilise la notion de mission au lieu de finalité parce que la formation doit donner lieu à la fois à un débat politique et à un projet pédagogique. Il évoque également la culture technologique dans les missions éducatives à condition de la considérer dans sa relation avec la culture scientifique:

Ainsi, il semble qu'il y a bien déficit de pensée sur la culture technique et l'éducation technologique et donc urgence à y réfléchir. Mais il ne faut pas les isoler; le travail sur la question de la technique

doit reprendre la question de la science. Dans tous les cas, il s'agit de poser le problème des savoirs ou, plutôt, des technicités qui doivent être partagées et valorisées pour tous comme composantes d'une culture générale de notre temps. Il s'agit aussi d'affronter les enjeux de citoyenneté qui sont inhérents aux développements et aux mises en œuvre des sciences et des techniques et qui posent les problèmes aigus des rapports aux savoirs et aux ignorances dans la démocratie, la vie domestique et la vie quotidienne. (Martinand, 2000, p. 11)

Quant aux missions de l'ET aux États-Unis, Ritz (2009) mène une étude basée sur la méthode Delphi auprès des enseignants membres de l'ITEA, les professeurs de la formation des enseignants de la technologie, des chercheurs dans le domaine et les directeurs des centres technologiques (source professionnelle) afin d'identifier la nouvelle génération d'objectifs. Son étude met en évidence les principaux objectifs résumés dans le tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1
Les objectifs essentiels de l'ET visant la culture technologique¹

Objectif	%
Décrire les impacts sociaux, éthiques et environnementaux liés à l'utilisation de la technologie.	93,3
Devenir consommateurs éduqués de la technologie pour une utilisation personnelle, professionnelle et sociale.	86,7
Appliquer les principes de conception qui permettent de résoudre des problèmes technologiques.	86,7
Utiliser des systèmes et des dispositifs technologiques.	86,7
Utiliser la technologie pour résoudre les problèmes.	86,7
Décrire les relations entre la technologie et d'autres domaines de la connaissance.	73,3
Développer des habiletés pour vivre dans un monde technologique.	66,7
Développer une appréciation du rôle que la technologie joue dans le monde conçu.	53,3
Dépanner et réparer les systèmes et dispositifs technologiques.	53,3
Faire des choix de carrière éclairés liés au monde technologique.	53,3
Décrire la nature de la technologie.	53,3
Étendre les capacités créatives en utilisant la technologie.	53,3

Comme l'illustre le tableau 1, l'objectif qui a obtenu le score le plus élevé est: Décrire les impacts sociaux, éthiques et environnementaux associés à l'utilisation de la technologie. Plus de 93 % des répondants estiment que cet objectif d'ordre social doit être considéré dans

¹ Ce tableau est une traduction libre du tableau de Ritz (2009), p. 59. Voir le tableau original en annexe A.

la conception des curriculums. Les quatre objectifs suivants partagent la même position.

1) «Devenir des consommateurs technologiquement instruits pour un usage personnel, professionnel et social». Cet objectif indique que les élèves doivent être éduqués sur les produits technologiques qu'eux-mêmes, ainsi que la société dans son ensemble, achètent et utilisent. Conformément à cet objectif, les élèves doivent apprendre avec quels matériaux sont construits ces produits, quels sont les matériaux recyclables et comment ils sont recyclés (technologies vertes), et quels sont les risques pour la santé et la sécurité découlant de l'utilisation de ces produits (ex: des téléphones cellulaires et la messagerie texte *vs* sécurité).

2) «Être capable d'appliquer les démarches de conception permettant de résoudre des problèmes technologiques». Les répondants sont d'avis qu'apprendre à concevoir afin de résoudre des problèmes technologiques devrait être un objectif clé du curriculum. Cela signifie que l'âge des activités technologiques où les élèves arrivent tous avec la même solution à un problème technologique est fini. La conception technologique signifie que les élèves développent des connaissances et des compétences techniques, comprennent les impacts de leurs actions, et ensuite utilisent ces connaissances et leurs capacités créatives pour résoudre des problèmes par les moyens technologiques dont ils disposent (*Ibid.*).

3) «Développer l'habileté d'utiliser des systèmes et des dispositifs technologiques» est essentiel pour les élèves. Les élèves sont amenés à utiliser des outils à la fois de base, tels que des tournevis et des marteaux, ainsi que des outils de technologie avancée, tels que les appareils électroniques et numériques afin de concevoir des objets technologiques pour répondre aux besoins humains soit à l'école, soit dans leur vie de tous les jours.

4) «Utiliser la technologie disponible pour résoudre des problèmes». Ce qui est important ici c'est le développement d'une démarche dans laquelle l'élève utilise les ressources disponibles, entre autres les technologies disponibles, pour résoudre les problèmes technologiques. Cela ne veut pas dire que tous les problèmes sont d'ordre technologique, mais plusieurs, parmi eux, peuvent être résolus par l'utilisation de la technologie.

Les autres objectifs mis de l'avant par Ritz (2009) sont la description des relations entre la technologie et les autres domaines de connaissances, développer des habiletés pour

vivre dans un monde technologique, développer une appréciation des rôles que la technologie joue dans la vie, dépanner et réparer des systèmes technologiques, s'informer sur les choix de carrières, décrire la nature de la technologie et développer les habiletés créatives basées sur la technologie.

En résumé, tous ces objectifs, notamment les cinq premiers, mettent en évidence non seulement l'action de l'élève (utilisation des outils de base et des technologies), mais aussi la compréhension des impacts sociaux, éthiques et environnementaux dans l'utilisation des technologies. Cela nous amène à la démarche de conception technologique.

1.4 La DCT et ses justifications

Comme en témoigne le nombre important de travaux qui portent sur l'enseignement de la démarche de conception technologique (DCT), ce processus suscite un intérêt de plus en plus croissant dans l'ET à travers le monde. Cependant, il faut noter que les justifications évoquées dans les textes scientifiques s'inscrivent à la croisée des préoccupations gouvernées tant par des besoins d'améliorer les apprentissages disciplinaires que par une tentative de renouveler le rapport aux savoirs véhiculés particulièrement par les disciplines scientifiques et les disciplines technologiques (Hasni, Lenoir, Larose et Squalli, 2012; Kelley, 2008).

Les principales justifications que les auteurs mettent en avant pour expliquer le recours à la DCT sont multiples. Pour certains, elle permettrait de développer la culture technologique chez l'élève (Daugherty, 2005; ITEA, 2007; Young, Cole et Denton, 2002). Elle constituerait une plateforme idéale pour intégrer les sciences, les mathématiques et la technologie dans la même activité (Wicklein, 2006). Elle permettrait de faire des liens et le transfert entre les connaissances et la vie de tous les jours (Kelley, 2008). Elle permettrait de rehausser l'intérêt des élèves envers les apprentissages disciplinaires, notamment mathématiques et scientifiques (Daugherty, 2005; Frank, 2005).

Pour Young *et al.* (2002), la fonction de la conception technologique est de répondre à un certain besoin avec les contraintes imposées, telles que les délais, les limites dans les ressources matérielles et financières, ou la protection de l'environnement. Le travail au sein de ces contraintes s'inscrit dans le cadre de la culture technologique. Une personne technologiquement éduquée est capable de reconnaître facilement qu'il n'y a pas de

conception parfaite et que toutes les solutions technologiques impliquent des compromis (*Ibid.*).

Pour Gettie et Wicklein (2007), c'est l'intégration de la science, de la technologie, de l'ingénierie et des mathématiques (STEM) qui y gagne, car l'introduction de la conception technologique dans l'enseignement secondaire permet cette connexion.

Dans la perspective de Kelley (2008) et Hasni et Potvin (2015), la conception technologique fournit un contexte favorable à l'apprentissage. Ce contexte, s'il est authentique, permet aux élèves de sortir leurs connaissances des salles de classe et d'établir des liens avec les situations-problèmes dans la vie réelle. Cela rejoint la perspective de Dewey (1947) qui invite l'école à intégrer le quotidien de l'élève dans ses activités scolaires. Selon Dewey, pour l'apprenant, un contexte signifiant est un élément moteur de l'apprentissage.

Quant à l'intérêt des jeunes, plusieurs auteurs attribuent à la DCT la fonction de motivation qui permet aux apprenants de s'engager dans des activités dont ils perçoivent le sens et la finalité (Hasni et Potvin, 2015).

1.5 Le problème de modalités pédagogiques d'enseignement

Dakers et Dow (2009) analysent les pratiques de classe dans le cadre de l'éducation technologique dans plusieurs pays européens. Leur étude montre que l'ET s'enseigne en Europe par les trois principales manières suivantes: méthode transmissive, étude de cas ou méthode critique.

D'une manière générale, la méthode transmissive est la plus couramment employée dans l'enseignement secondaire (*Ibid.*). Les activités technologiques abordées dans le cadre de la conception technologique ont tendance à favoriser une perception masculine de l'ET. Selon les auteurs, les filles voient la discipline comme menant à un emploi dans la fabrication technique ou le bâtiment, deux univers où les hommes prédominent. À la fin de ce processus, l'artefact, quelle que soit sa nature, est le même pour toute la classe. L'accent est mis sur l'acquisition des connaissances procédurales et déclaratives. Chaque élève est encouragé à suivre à la lettre les procédés indiqués par l'enseignant (*Ibid.*). Lorsqu'il rencontre une difficulté ou lorsque des savoir-faire plus complexes sont requis, il observe la démonstration

de l'expert, l'enseignant ou le technicien, comme le soulignent les auteurs:

Les apprenants apprennent tous la même chose au même moment sur la même durée [...]. Ce style de pédagogie étouffe toute possibilité pour les élèves d'intervenir de manière créative dans leur formation technologique: ils se contentent de suivre des instructions. Elle ne leur permet pas non plus de prendre part aux technologies du futur, en perpétuelle évolution, puisque les technologies étudiées sont préexistantes. (*Ibid.*, p. 16)

Quant à l'évaluation des apprentissages, elle se fait sur la qualité de l'objet réalisé et la mémorisation. L'enseignant pose régulièrement des questions afin de vérifier la mémorisation des connaissances déclaratives (*Ibid.*).

Avec un tel modèle, il est extrêmement difficile pour l'élève de développer sa créativité afin de résoudre les problèmes technologiques. Les défenseurs de cette méthode soutiennent qu'un certain nombre de connaissances procédurales et déclaratives est nécessaire avant même que l'on puisse envisager d'acquérir des aspects relevant de la créativité, c'est-à-dire de proposer de nouvelles solutions aux problèmes posés (*Ibid.*). Les adhérents d'une pédagogie plus moderne critiquent cette approche à plusieurs points de vue. En premier lieu, ils défendent l'idée qu'il est totalement envisageable d'acquérir les connaissances procédurales et les aspects relevant de la créativité en même temps. En deuxième lieu, si l'évaluation porte sur des faits et des procédés adoptés par l'enseignant, les élèves choisiront toujours la sécurité (suivre l'enseignant) plutôt que la prise de risques. Or, cette dernière qualité est justement un prérequis à la DCT (*Ibid.*). Subséquemment, Lebeaume et Martinand (1998) soutiennent que l'approche de réalisations en technologie ne peut se concevoir que dans l'enseignement et l'apprentissage d'une méthodologie de l'action considérée comme l'identification du problème posé et sa mise en relation avec les outils disponibles.

Les analyses présentées jusqu'ici montrent quelques problématiques des pratiques de classe au regard des contenus curriculaires, des finalités et des approches pédagogiques d'enseignement de l'éducation technologique à l'échelle internationale. Quelle place occupe cette éducation en général, et la DCT en particulier, dans le contexte québécois?

2. L'ÉDUCATION TECHNOLOGIQUE ET SA RECONFIGURATION AU QUÉBEC

2.1 Le contexte de la réforme éducative du Québec

Au Québec, ce n'est qu'au début des années 1970 qu'un premier programme de la technologie fut offert aux élèves du secondaire (Gouvernement du Québec, 1993). Ce programme s'inspirait du programme de technologie (l'Éducation manuelle et technique) enseigné en France. En 1975, un programme correspondant à la réalité québécoise est implanté auprès des élèves. La réforme pédagogique de 1980 proposait qu'une voie optionnelle d'acquisition de la formation générale soit offerte dans le cadre des cours à option prévus par le régime pédagogique pour les 3^e, 4^e et 5^e années du secondaire² (*Ibid.*). La version du programme de 1993, amorcée au cours des années 1980, s'inscrit dans la réforme par objectifs. Ainsi, le cours d'*Initiation à la technologie* fait partie de la liste des cours obligatoires de la troisième année du secondaire. Il vise l'exploration des domaines de l'architecture, de la mécanique, de l'électricité, de l'électronique-informatique, dit systèmes automatisés. Le programme de 1993 est centré non seulement sur la DCT, mais également sur l'objet technologique en tant que produit final, comme l'illustre l'extrait suivant.

La résolution du problème technologique se traduira toujours par une réalisation.

Le développement de chaque module s'inscrira dans la réalisation d'un objet technique. Cet objet (qui est la concrétisation d'une multitude de renseignements) prendra différentes formes.

Ce sera pour le module 1 un plan, pour le module 2 un prototype, pour le module 3 un objet résultant d'une production en série, et pour le module 4 un agencement d'éléments constituant un système automatisé. (Gouvernement du Québec, 1993, p. 6)

Or, la métamorphose de la société québécoise, comme d'autres sociétés occidentales, a amené le ministère de l'Éducation à entamer un réajustement des objectifs du système d'éducation.

² Au Québec, le secondaire (école secondaire) est subdivisé en cinq niveaux classés par ordre croissant: 1^e, 2^e, 3^e, 4^e et 5^e secondaire; tandis qu'en France le secondaire (collège) est subdivisé en 4 niveaux notés 6^e (pour le 1^{er} québécois), 5^e, 4^e et 3^e (4^e québécois).

2.2 La reconfiguration de l'ET dans le récent Programme de formation de l'école québécoise (PFEQ)

Dans le contexte du Québec, le système éducatif a amorcé depuis environ une quinzaine d'années l'implantation d'une réforme majeure aux ordres d'enseignement primaire et secondaire. Cette réforme a été anticipée par de multiples rapports et études qui ont nourri une réflexion collective entreprise par les instances officielles au Québec. Principalement dirigées par le ministère de l'Éducation, ces études et consultations ont servi de pivots à la présente réforme. À l'issue de ces études, le rapport du groupe de travail sur les profils de formation au primaire et au secondaire révèle qu'il faudra maintenant tenir compte de l'internationalisation, de la mondialisation, de l'explosion des connaissances, du développement des technologies et de la complexification de la vie en société (Groupe de travail sur les profils de formation au primaire et au secondaire, 1994). Deux ans plus tard, la commission des états généraux sur l'éducation a publié un rapport intitulé *Exposé de la situation* (Gouvernement du Québec, 1996). Ce document faisait état de l'insatisfaction de la population envers le système éducatif provincial. Il appelait l'école à dépasser une logique de formation disciplinaire cloisonnée pour faire face aux nouvelles réalités. En s'appuyant sur ces documents, ainsi que sur le rapport du groupe de travail sur la réforme du curriculum, *Réaffirmer l'école, Prendre le virage du succès* (Gouvernement du Québec, 1997a), le ministère de l'Éducation du Québec produit *l'Énoncé de politique éducative, l'école, tout un programme* (Gouvernement du Québec, 1997b). Cet énoncé, qui constitue l'annonce de la réforme, communiquait alors la mission de l'école, les orientations, les décisions, certains dispositifs à ajuster et les méthodes d'évaluation.

Certes, comme le souligne le Conseil supérieur de l'éducation (CSE, 2003), l'ampleur associée à ce changement curriculaire est majeure à tous les niveaux. Cependant, nous nous limitons à la présentation des éléments de contexte spécifiques à l'enseignement des sciences et technologies en général, et à l'enseignement de la technologie en particulier, qui concernent directement nos objets de recherche. En ce sens, les trois éléments du programme seront présentés: les finalités poursuivies dans le nouveau programme de science et technologie; la nouvelle structure du programme et les contenus disciplinaires.

2.2.1 *Les finalités*

D'une manière générale, l'énoncé *l'École, tout un programme* (Gouvernement du Québec, 1997) précise ainsi les missions de l'école: instruire (dans un monde du savoir), socialiser (dans un monde pluraliste) et qualifier (dans un monde de changement). Bref, le principe de ces missions est de donner de l'importance aux activités de développement des habiletés intellectuelles et de la maîtrise du savoir, de préparer les jeunes à savoir vivre en collectivité, devenir des citoyens responsables intégrés socialement, définir le curriculum de base et mettre l'accent sur la formation professionnelle. Cela est possible si on met l'accent sur l'appropriation des bases des sciences et technologies et l'acquisition de méthodes de travail, en rehaussant le niveau culturel du programme de science et technologie, en introduisant la rigueur à l'école, en adoptant une différenciation pédagogique, etc. (*Ibid.*). Les changements apportés au contenu du programme et à l'organisation de la formation se situent dans une perspective qui favorise la réussite de tous les élèves (*Ibid.*).

Quant aux intentions spécifiques aux domaines des sciences et technologies, le ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport (Gouvernement du Québec, 2006) précise que le programme vise à développer chez les élèves une culture scientifique et technologique de base accessible à tous.

Dans cette perspective, les intentions poursuivies dans le nouveau programme se présentent ainsi:

- initier les élèves aux démarches d'esprit propres à la science;
 - replacer les découvertes scientifiques dans leur contexte social;
 - donner un bagage de connaissances scientifiques;
 - intégrer la science et la technologie;
 - favoriser une compréhension citoyenne des enjeux scientifiques et technologiques
- (Gouvernement du Québec, 1997)

Ainsi, la formation dans le domaine des technologies doit privilégier l'appropriation des apprentissages permettant aux apprenants d'affronter des questions et des problèmes d'ordre technologique dans leur vie quotidienne (Gouvernement du Québec, 2006).

2.2.2 *La structure du programme*

Le PFEQ s'inscrit dans la perspective qui favorise la réussite de tous les élèves comme le souligne l'orientation de l'énoncé l'*École, tout un programme (Ibid., 1997)* ci-dessous:

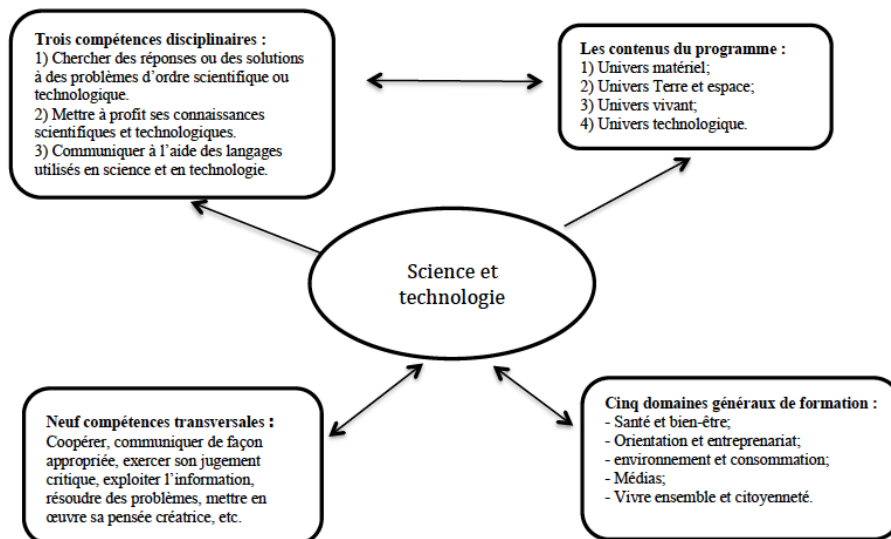
Les objectifs [des programmes d'études] doivent être clairs et les exigences, les progressions d'une classe ou d'un cycle à un autre et les liens avec les autres disciplines doivent être explicites. Par ailleurs, des séquences seront établies pour toutes les matières afin d'indiquer la progression des apprentissages et d'éviter les répétitions inutiles, mais surtout afin de favoriser la cohérence et l'intégration des apprentissages. (p. 13)

Cette perspective se base sur la logique qui considère l'intégration des savoirs comme finalité, comme le rappelle le CSE (2003):

que tous les élèves devront acquérir les bases de la formation continue (favoriser le développement de l'activité intellectuelle, mettre de l'avant une pédagogie de la découverte et de la production, éveiller la curiosité intellectuelle, accorder une attention à l'intégration des savoirs [Gouvernement du Québec, 1997c, p. 15]). (p. 9)

Ces ambitions impliquent le choix «d'inscrire les apprentissages disciplinaires dans un cadre plus large de visées de formation que doit partager l'ensemble des intervenants scolaires» (Gouvernement du Québec, 2006, p. 15).

Sur le plan de la structure, le PFEQ se compose des éléments à portée intégrative suivants: les domaines généraux de formation, les compétences transversales et les domaines d'apprentissages disciplinaires, synthétisés dans la figure 2 ci-dessous.



Inspiré de Hasni, Lenoir et Froelich, 2015.

Figure 2 – Structure du programme de science et technologie et ses relations avec d'autres composantes du PFEQ

Les deux rectangles du haut, en interaction, représentent: les compétences disciplinaires (rectangle du haut à droite) et les contenus du programme de science et technologie (rectangle du haut à gauche). Les deux rectangles du bas représentent les compétences transversales (rectangle à gauche) et les domaines généraux de formation (rectangle à droite).

a) *Domaines généraux de formation*

Selon le PFEQ, les domaines généraux de formation présentent des problématiques sociales auxquelles les jeunes doivent faire face dans différentes sphères importantes de leur vie (Gouvernement du Québec, 2006). Nous voyons, dans ces domaines, que le transfert des connaissances et la contextualisation sont mis en évidence.

Les domaines généraux de formation retenus par le MELS (*Ibid.*) sont les cinq suivants: santé et bien-être, orientation et entrepreneuriat, environnement et consommation, médias, vivre ensemble et citoyenneté. Ces domaines sont, selon le MELS, porteurs d'enjeux importants pour les individus et les collectivités.

b) *Compétences transversales*

À l'égard des compétences transversales, l'énoncé *l'École, tout un programme* (Gouvernement du Québec, 1997b) réclame l'introduction des compétences transversales dans le programme de formation. Ces compétences sont définies selon les quatre catégories suivantes: des compétences intellectuelles, des compétences de nature méthodologique, des compétences liées aux attitudes et aux comportements et des compétences linguistiques.

Pour les processus d'apprentissage, le CSE (2007) souligne que le développement des compétences transversales interpelle la pratique du personnel enseignant en l'appelant à être plus attentif aux processus d'apprentissage et à se donner des outils afin de percevoir et de comprendre les difficultés d'apprentissage, pour ensuite mieux intervenir auprès de l'élève. Ainsi, le MELS (Gouvernement du Québec, 2006) allègue une conception de l'apprentissage qui «s'appuie sur différents courants théoriques qui ont en commun la reconnaissance du rôle déterminant de l'apprenant dans l'édification de ses compétences et de ses connaissances» (dans Bousadra, 2014, p. 10).

De ce qui est présenté ci-dessus, nous retenons que le discours officiel québécois stipule que le passage d'une pédagogie par objectifs à une approche par compétences nécessite une reconfiguration clairvoyante. Il serait subordonné au recours à des démarches d'enseignement qui dépassent les méthodes traditionnelles du type magistral pour mettre l'apprenant au cœur de sa formation et de la construction de ses savoirs (Gouvernement du Québec, 2006). Cette perspective interpelle une nouvelle conception de l'enseignement et de l'apprentissage.

Pour répondre à ces orientations, le CSE (2003) croit utile d'énumérer quelques changements apportés au curriculum qui permettent d'anticiper leurs effets sur la pratique enseignante au secondaire. Il liste, entre autres, les deux éléments suivants:

- La nouvelle conception de l'apprentissage induit de nouvelles pratiques d'enseignement et de nouveaux rapports aux savoirs disciplinaires et didactiques.
- Les approches pédagogiques préconisées par la réforme (enseignement stratégique, enseignement coopératif, approche par projets) rompent avec l'enseignement magistral. (*Ibid.*, p. 45)

L'énoncé politique du ministère de l'Éducation du Québec, *l'École, tout un programme* (1997b), précise, en ce qui a trait à la présentation des programmes d'études, qu'il est d'abord souhaitable que le nombre d'objectifs soit limité et que les connaissances et compétences à acquérir soient clairement exposées (*Ibid.*).

Ensuite, pour favoriser chez tous les élèves la maîtrise des savoirs de base, s'ajoute la nécessité de leur faire acquérir l'aptitude à apprendre tout au long de la vie (Gouvernement du Québec, 2006). Ainsi, les visées d'éducation énoncées ci-haut (instruire, socialiser et qualifier) ont servi de repères pour la conception du PFEQ. Elles sont explicitées par les intentions éducatives des domaines généraux de formation présentés ci-dessus. Leur actualisation prend appui sur les compétences transversales et les compétences disciplinaires.

Par conséquent, le recours à l'approche par compétences comme logique de formation constitue l'un des choix curriculaires qui balisent la récente réforme de la formation québécoise. L'idée principale derrière le choix fondé sur le concept de compétence comme élément central de la formation des jeunes serait une voie pour le développement du pouvoir d'action de l'élève. C'est ainsi que le programme de formation de science et technologie, comme ceux d'autres disciplines, est organisé autour d'éléments constitutifs qui déclinent les visées d'une approche par compétences: les compétences disciplinaires, les contenus de formation et les repères culturels.

c) *Domaines d'apprentissages disciplinaires*

Les domaines d'apprentissages disciplinaires regroupent, dans le PFEQ, les grands champs qui partagent les mêmes intérêts et à partir desquels sont définies les disciplines considérées comme essentielles à la formation de l'élève (*Ibid.*). Par conséquent, le PFEQ regroupe dans un même domaine les deux disciplines: la mathématique et science et technologie. La logique derrière ce regroupement est justifiée par le fait que ce domaine inclut des disciplines scolaires qui ont des affinités et des intérêts communs. Or, l'idée du décloisonnement des matières scolaires est sous-jacente aux choix du regroupement des disciplines par domaines. Ce décloisonnement permet de situer les disciplines par rapport à des domaines de référence et incite l'enseignant à concevoir sa discipline comme faisant partie intégrante d'une dimension importante de la formation de l'élève (*Ibid.*).

Si le PFEQ regroupe les disciplines par domaine, les sciences et les technologies ont

aussi subi une intégration qui met l'accent sur la pratique dynamique de la science et de la technologie. Dans sa nouvelle structure, le PFEQ regroupe dans une seule discipline cinq champs disciplinaires d'ordre scientifique (chimie, physique, biologie, astronomie, géologie) et divers champs d'applications technologiques accessibles par des repères culturels (la technologie de conception mécanique et les technologies médicales, alimentaires, minières, etc.).

d) Univers technologique dans le programme de ST

Les contenus de formation et d'apprentissage dans le programme de ST sont regroupés en quatre univers qui s'appuient sur les différents champs disciplinaires énoncés ci-dessus: 1) univers matériel; 2) univers du vivant; 3) Terre et Espace et 4) univers technologique (UT).

Bien que le programme présente les quatre univers l'un après l'autre, l'intégration de leurs contenus dans une même situation d'enseignement et d'apprentissage est souhaitée comme le montre l'exemple illustré dans le PFEQ (Gouvernement du Québec, 2006):

La situation est aussi intégrative dans la mesure où elle mobilise et met en relation des concepts puisés dans plusieurs univers du contenu de formation: l'univers matériel (organisation, propriétés et transformations), l'univers vivant (diversité de la vie et maintien de la vie) et l'univers technologique (ingénierie et systèmes technologiques). (p. 273)

Notre objet de recherche s'inscrit dans l'univers technologique. Bien que les quatre univers soient interreliés, nous limitons notre analyse à l'UT seulement.

À l'instar des autres univers, l'UT inclut les quatre éléments suivants: 1) les concepts technologiques qui renvoient aux concepts généraux et aux concepts prescrits, dits aussi les savoirs conceptuels (théories, modèles, concepts, démarches, etc.) ; 2) des apprentissages qui relèvent des habiletés propres à la technologie, dites aussi stratégies; 3) les attitudes qui caractérisent l'activité technologique, et 4) des repères culturels et la réalité sociale.

e) *Compétences disciplinaires*

Selon le MELS (Gouvernement du Québec, 2006), l'école a pour mission de former l'élève à acquérir un savoir agir, qui

repose sur l'utilisation et la combinaison de contenus notionnels et d'habiletés intellectuelles et sociales en fonction du contexte. Ces connaissances et habiletés servent d'outils pour l'action comme pour la réflexion. La volonté de faire acquérir aux élèves un pouvoir d'action conduit ainsi à la notion de compétence, laquelle est centrale dans le Programme de formation. (p. 6)

De la sorte, les objets de formations prescrits dans les programmes de science et technologie ont été organisés autour d'éléments qui promeuvent les visées d'une approche par compétences (compétences disciplinaires, contenus de formation et repères culturels).

En ce qui concerne les compétences disciplinaires, le programme de ST cible le développement de trois compétences interreliées qui se rattachent aux aspects pratiques et méthodologiques, aux aspects théoriques, conceptuels et historiques et aux aspects relatifs à la communication. De cette manière, le programme retient les trois compétences disciplinaires suivantes: 1) Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique (CD1); 2) Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques (CD2), et 3) Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et technologie (CD3) (Gouvernement du Québec, 2004).

La CD1 renvoie à la dimension méthodologique. Elle est axée sur l'appropriation de concepts et de stratégies à l'aide des démarches d'investigation et de conception qui caractérisent respectivement le travail du scientifique et celui du technologue. En technologie, selon le programme de science et technologie, la démarche de conception est privilégiée puisqu'elle constitue un terrain fertile pour aborder les concepts abstraits de manière concrète et dans l'action. Il ne s'agit cependant pas de la seule démarche possible. De façon générale, cette compétence se développe dans l'action, l'élève étant appelé à se poser des questions et à tenter d'y répondre en observant, en manipulant, en mesurant, en construisant ou en expérimentant, que ce soit dans un laboratoire, dans un atelier ou sur le terrain (*Ibid.*).

La CD2 met l'accent sur la conceptualisation et le transfert des apprentissages, notamment dans la vie quotidienne. Elle implique aussi une réflexion sur la nature même des connaissances scientifiques et technologiques, leur évolution et leurs multiples retombées, notamment sur les plans économique et social. Par conséquent, l'élève est amené à s'approprier les concepts qui permettent de comprendre des phénomènes naturels ainsi qu'à analyser le fonctionnement d'objets techniques.

La CD3 est de l'ordre de la communication. Elle fait appel aux divers langages propres aux sciences et aux technologies et essentiels au partage d'information, de même qu'à l'interprétation et à la production de messages à caractères scientifique ou technologique: «elle postule non seulement la connaissance d'une terminologie et d'un symbolisme spécialisés, mais aussi leur utilisation judicieuse, notamment par l'adaptation du discours aux interlocuteurs ciblés» (*Ibid.*, p. 269).

Quant au développement de ces compétences, le CSE (2003) souligne que

Par le développement de compétences, on veut amener l'élève à prendre conscience des ressources qu'il mobilise dans une situation d'apprentissage, afin qu'il perçoive de quelle manière il apprend et quelles sont les démarches qu'il utilise pour résoudre un problème. On veut aussi amener l'élève à faire appel à ses acquis antérieurs (ou ressources existantes), car il arrive à l'école avec un bagage de connaissances qu'il peut mettre à profit dans le développement d'une compétence. (p. 15)

f) Démarches technologiques dans le programme

Le CSE (2003) met en valeur la relation entre le développement des compétences et des démarches de résolution des problèmes. Il souligne que, «par le développement de compétences, on veut amener l'élève à prendre conscience des ressources qu'il mobilise dans une situation d'apprentissage, afin qu'il perçoive de quelle manière il apprend et quelles sont les démarches qu'il utilise pour résoudre un problème» (p. 15).

Le programme de ST présente deux démarches technologiques: la démarche technologique d'analyse d'objet et la DCT. Ces démarches à caractères méthodologiques s'inscrivent dans le cadre de la compétence CD1. En ce qui concerne la DCT, elle sera développée davantage dans les sections suivantes, car elle constitue le cœur de notre étude,

tandis que pour la démarche d'analyse, nous faisons, ci-dessous, une brève présentation informative seulement.

g) Démarche technologique d'analyse

Selon le programme de ST, l'analyse d'un objet technologique ou d'un système technologique implique la reconnaissance de sa fonction globale, de façon à cerner le besoin auquel il répond. L'examen des diverses composantes d'un objet s'avère également nécessaire pour déterminer leurs fonctions respectives. Pour mieux comprendre les principes mis en cause dans le fonctionnement et la construction d'un objet technologique, ce dernier pourra éventuellement être démonté. Ce type d'analyse permet à l'élève de comprendre comment l'objet constitue l'assemblage concret et tangible des diverses solutions élémentaires retenues pour répondre à un besoin (Gouvernement du Québec, 2006).

En somme, lorsqu'elle est développée, la démarche technologique d'analyse permet d'initier les apprenants à la décomposition d'un système technologique en sous-systèmes élémentaires qui le composent. En fait, décomposer un problème technologique complexe en éléments simples pour en saisir la genèse, l'assemblage, mieux appréhender son fonctionnement correspond à passer d'une connaissance statique des structures à une connaissance dynamique des fonctions élémentaires et des opérations susceptibles de rendre compte des mouvements, des énergies et des processus de sa fabrication. Pour l'élève, une fois qu'elle est saisie, cette démarche aura bien sûr un effet bénéfique sur la conception de nouveaux objets technologiques.

h) DCT dans le programme

Dans le programme de ST, la DCT est conçue comme un processus de création d'un objet technique. En effet,

la démarche de conception d'un objet technique doit accorder une place importante à la recherche d'idées ingénieuses pour satisfaire un besoin. La construction de l'objet est donc précédée d'une analyse du problème en cause et d'une étude du principe de fonctionnement. L'élève est incité à participer à des échanges d'idées, à présenter ses propositions sous forme de plans ou de schémas, à comparer ses plans et schémas à ceux des autres et à envisager en équipe plusieurs solutions. (*Ibid.*, p. 272)

En outre, le programme de ST soutient que lorsqu'il s'engage dans une démarche de conception, l'élève identifie un besoin à satisfaire. Il envisage différents scénarios de réalisation en tenant compte des contraintes du cahier des charges ou de ses propres exigences et des moyens dont il dispose. Ensuite, l'analyse de ces scénarios lui permet de planifier de façon efficace le travail à effectuer afin d'élaborer une solution ingénieuse.

En analysant et en mettant à l'essai le prototype qu'il a conçu, l'élève peut évaluer la solution qu'il préconise et vérifier si elle est conforme aux exigences du cahier des charges. Si cela est nécessaire, il effectue un retour sur sa démarche tout en proposant des améliorations. En se familiarisant avec les démarches technologiques, l'élève est amené à prendre conscience que la technologie fait partie intégrante du monde qui l'entoure (Gouvernement du Québec, 2004).

De ce qui est présenté ci-dessus, nous constatons que le programme de science et technologie, dans le cadre de la DCT, ne laisse rien au hasard. Tout doit être planifié pour répondre au besoin identifié au départ dans le respect des contraintes explicitées par le cahier des charges. Il souligne aussi que la démarche n'est pas un processus linéaire comme une suite rigide d'opérations, mais qu'elle constitue plutôt un processus complexe où les remises en question sont possibles. Ainsi, la DCT amène l'occasion d'apprendre à partir de ses erreurs et de proposer des améliorations (*Ibid.*).

Comme le montre aussi la recherche, pour conférer du sens à l'apprentissage de la DCT, l'enseignant doit recourir à des situations d'apprentissage et d'évaluation contextualisées, ouvertes et intégratives. Ces situations doivent permettre aux apprenants de développer les aspects méthodologiques et de construire une opinion sur la démarche de conception elle-même. Dans ces situations, le PFEQ sollicite de soumettre aux élèves des problèmes authentiques qui suscitent leur engagement en tenant compte des aspects de la DCT: une tâche à réaliser, un but à atteindre et certaines ressources à mobiliser. C'est ainsi que l'enseignant est considéré comme une référence importante pour les élèves.

Toutefois, la réussite de la mise en œuvre de DCT, par l'entremise des situations contextualisées, repose largement sur la formation des enseignants. Même dans certains pays européens et aux États-Unis, l'enseignement de la DCT cause encore beaucoup de difficultés aux enseignants qui sont tous largement formés en technologie (Dakers et Dow, 2009;

Ginestié, 2002; Kelley et Wicklein, 2009). Qu'en est-il de la situation au Québec où la majorité des enseignants ne sont pas formés en technologie? Afin de comprendre l'état de la mise en œuvre de la DCT et sa compréhension par les enseignants, une recherche telle que celle-ci nous semble nécessaire.

2.3 La DCT dans les pratiques de classes au Québec

S'intéressant aux conditions de la mise en œuvre de la DCT dans des classes de ST au secondaire, plusieurs recherches attestent que celle-ci repose considérablement sur l'enseignant avec ses croyances, sa formation, son expérience, etc. (Bousadra, 2014; CSE, 2013). En ce sens, le CSE (2013) montre que

la technologie est un élément difficile pour les enseignants qui n'ont pas eu de formation à cet égard. Son intégration au programme est tout de même considérée comme un levier, puisque la matière se prête bien aux manipulations et suscite l'intérêt des élèves. On souligne cependant que cette intégration de la science et la technologie représente un alourdissement de la tâche. (p. 33)

Dans cette perspective, Bousadra (2014), travaillant sur l'enseignement par projet en science et technologie, résume les résultats obtenus par Toolin (2004) sur les conceptions des enseignants au regard des facteurs d'implantation de l'enseignement par projets en ST. Rappelons que Bousadra a réalisé sa thèse sur l'enseignement par projet en analysant les pratiques de classe qui prennent en charge la démarche de conception technologique au secondaire. Selon la chercheuse,

les facteurs les plus significatifs qui contribuent à l'adoption ou au rejet de l'enseignement par projets par les enseignants sont la formation initiale de l'enseignant, son expérience dans l'enseignement et son degré d'implication dans la formation continue sur ce type d'enseignement. (Bousadra, 2014, p. 44)

Toolin (2004), pour sa part, montre que les enseignants qui ont une formation initiale en éducation et une expérience considérable en enseignement sont les plus prédisposés à adopter cette approche dans leurs pratiques. De plus, l'étude de Toolin souligne également que ces enseignants privilégient le travail en collaboration avec d'autres enseignants.

Bien que le PFEQ rejoigne les préoccupations de la recherche récente concernant l'importance accordée à la DCT, l'état actuel de l'enseignement de l'éducation technologique au secondaire, la compréhension de la démarche de conception par des enseignants et sa mise en application restent peu documentés. Cependant, une large enquête, portant sur le degré de maîtrise des contenus et des compétences disciplinaires en ST, menée par Hasni *et al.* (2012) montre que seulement 42 % des enseignants répondants estiment qu'ils ont soit une bonne (28,6 %), soit une excellente (13,4 %) maîtrise de contenus technologiques.

En ce qui concerne l'enseignement de la DCT, le CSE (2013) souligne qu'une part importante des enseignants de science et technologie actuellement en fonction n'ont pas été formés dans le domaine de la technologie et que la conception technologique leur pose problème: «le volet technologique pose problème pour certains enseignants parce que cela nécessite un certain temps, notamment en ce qui concerne la conception d'outils ou d'objets» (p. 34). D'où l'importance d'explorer comment les enseignants de ST comprennent les contenus essentiels du programme et comment ils les mettent en œuvre dans leur pratique. Il est aussi important de comprendre les défis auxquels les enseignants font face et de définir leurs besoins afin de mieux interpréter et mettre en application les instructions curriculaires.

Dans le même ordre d'idées, l'étude de Lacasse et Barma (2012) portant sur l'enseignement des sciences et technologies au secondaire dans le contexte québécois fait émerger que les enseignants se heurtent à leurs limites par rapport à l'appropriation des concepts et processus technologique. En outre, Barma (2008) souligne que la demande de formation continue, particulièrement sur la DCT, est ressentie dans le milieu scolaire québécois.

Nous constatons, à partir de ce qui a été développé précédemment, que l'enseignement de la DCT pose toujours des défis aux enseignants de cette discipline au Québec et ailleurs (CSE, 2013; Dakers et Dow, 2009; Ginestié, 2002; Kelley et Wicklien, 2009). Rappelons que l'éducation technologique, dans le contexte québécois, ne bénéficie ni d'une longue histoire ni d'une grande expérience didactique; elle est actuellement l'une des plus jeunes disciplines obligatoires sur les quatre premières années des études de l'école secondaire. Nous estimons donc que pour comprendre la situation de cet enseignement (compréhension, défis et besoins des enseignants) au Québec, de nouvelles recherches sont nécessaires. Cet avis ne s'applique

pas uniquement au contexte québécois, il est aussi partagé par plusieurs chercheurs et organismes sur d'autres contextes à l'échelle internationale (CSE, 2013; Ginestié, 2002; Hasni *et al.*, 2012; ITEA, 2007; Kelley, 2008; Lacasse et Barma, 2012).

3. LA SYNTHÈSE

Dans ce contexte de changements de l'ET dans les systèmes éducatifs de plusieurs pays, maints chercheurs s'accordent sur le fait que les enseignants de cette discipline sont appelés à rehausser la qualité de leur enseignement et l'apprentissage des élèves par ces changements profonds (Dakers et Dow, 2009; Kelley, 2008; Lebeaume, 2000; Martinand 2003, Sadjji, 2008). Ainsi, notre recherche s'inscrit dans cette perspective qui vise à apporter un éclairage sur la façon dont les enseignants de science et technologie abordent l'enseignement d'un contenu technologique particulier, la DCT.

En résumé, dans le contexte de la récente réforme québécoise, notre problématique porte essentiellement sur la mise en œuvre et la compréhension, par les enseignants, des enjeux de l'enseignement de la DCT. Le premier élément de la problématique porte sur les incidences qui découlent de l'adoption de l'approche par compétences dans le recours à la DCT dans l'enseignement des ST en mobilisant non seulement des écrits scientifiques, mais aussi les écrits officiels considérés comme sources institutionnelles orientant les pratiques. Un autre élément couvre les indices qui découlent des orientations centrées sur les contenus de cet enseignement (les compétences, les savoirs et les processus). D'autres éléments centraux à la problématique sont les modalités de mise en œuvre de la DCT, les relations que les enseignants associent aux activités technologiques et des apprentissages scientifiques et vice versa et, enfin, les motifs derrière le recours à la DCT. Cela nous amène à notre question de recherche, ci-dessous.

4. LA QUESTION GÉNÉRALE DE LA RECHERCHE

À la lumière de ce qui vient d'être développé, nous nous intéressons à l'enseignement de la DCT au secondaire. Il s'agit d'étudier la compréhension des enseignants de la DCT et ses modalités de mise en œuvre.

Afin de cerner la manière dont la DCT est comprise par les enseignants, les concepts d'enjeux d'apprentissage, les situations d'enseignement-apprentissages et la mise en œuvre de ce processus, nous nous centrerons sur l'analyse des pratiques d'enseignement déclarées qui portent spécifiquement sur les DCT au secondaire.

La question générale que nous retenons pour cette recherche est: Comment les enseignants comprennent-ils la démarche de conception technologique au secondaire et comment la mettent-ils en œuvre dans leur pratique déclarée?

DEUXIÈME CHAPITRE

CADRE CONCEPTUEL

*“All theories are legitimate, no matter.
What matters is what you do with them.”*
Jorge Luis Borges

Notre recherche descriptive porte sur l’enseignement de la DCT dans le cadre de l’enseignement technologique au secondaire. Trois concepts centraux structurent notre cadre conceptuel. Le premier est celui de l’ET. Celle-ci sera abordée du point de vue de ses finalités, de ses savoirs spécifiques (concepts, compétences, processus, habiletés, etc.) ainsi que des conditions de son enseignement. Le deuxième concept est celui de la DCT comme savoir central de cet enseignement. Il sera abordé sous l’angle de ses caractéristiques, ses étapes, ses attributs, ses fondements, les modalités de sa mise en œuvre ainsi que sa relation avec d’autres savoirs en ET. Le troisième concept est celui des pratiques d’enseignement déclarées qui renvoie à notre angle d’approche afin d’aborder nos objectifs de recherche. Bien que ces trois concepts aient été problématisés dans le premier chapitre, il seront maintenant conceptualisés dans le présent chapitre.

1. L’ÉDUCATION TECHNOLOGIQUE

1.1 Le contenu de l’ET

1.1.1 *Les différentes composantes de l’ET*

Selon de Vries (2005), «*The first thing we can do to see if our education can help people to improve their view on technology is to examine the content of curricula*»³ (p. 116).

De même, Martinand (2003), qui a travaillé sur la question des savoirs de références pour l’enseignement technologique, souligne que les activités scolaires n’ont pas leur but en elles-mêmes. Elles renvoient réellement à des activités professionnelles et sociales hors de

³ Traduction libre: «La première chose que nous pouvons faire pour voir si notre éducation peut aider les gens à améliorer leur point de vue sur la technologie est d’examiner les contenus des curricula» (de Vries, 2005; p. 116).

l'école. Par l'intermédiaire de l'école, on cherche à développer chez l'élève des savoirs, des habitudes, des capacités qui leur permettent de participer à ces activités:

La problématique de la référence cherche à élucider les relations entre les activités scolaires et les pratiques sociales, et à éclairer les décisions de la construction de curriculum qui dépendent directement des choix sur ces relations et sur les domaines de référence. (Martinand, 2003, p. 125)

En s'inspirant de Mitcham (1994), de Vries (2005) suggère, pour conceptualiser l'ET, de prendre en considération les quatre dimensions suivantes: 1) la technologie comme produit; 2) la technologie comme savoirs; 3) la technologie comme processus, et; 4) la technologie comme volition dans l'élaboration des curriculums de l'ET.

Dans la première dimension, la technologie comme produit, c'est l'essence de l'artefact technologique qui est considéré. Cependant, un objet n'a pas de sens s'il ne répond pas à un besoin humain, ce qui renvoie à sa fonction globale. La distinction entre l'objet et sa fonction est très importante pour l'ET, car dans certains cas, comme le signale Octavio Paz (dans Mitcham, 1994), l'objet technologique tend à disparaître en tant que forme et à devenir impossible à distinguer de sa fonction. En effet, l'objet réfère au moyen et la fonction renvoie en quelque sorte au but (répondre au besoin ou au problème technologique). Dans la seconde dimension, la technologie comme savoirs, des études épistémologiques et didactiques sont privilégiées. Les types de savoirs tels que les principes technologiques, les règles de base, des théories technologiques et tous les contenus disciplinaires sont à considérer. Dans la troisième dimension, la technologie comme processus, la méthodologie est mise en avant. Les activités telles que concevoir, fabriquer, entretenir, utiliser et évaluer sont centrales. Enfin, dans la dimension de la technologie comme volition, les intentions, les besoins de l'utilisateur, les considérations éthiques et esthétiques sont pris en compte.

De Vries (2005) souligne que l'ET ne doit pas viser l'une des quatre dimensions de la technologie seulement, mais elle doit permettre aux élèves d'acquérir une conception générale équilibrée de ce qu'est la nature de la technologie et d'acquérir une attitude positive et critique envers la technologie. L'intégration de l'ensemble de ces dimensions permet à tous les élèves d'élaborer, au fil du temps, cette conception générale (*Ibid.*). Or, la recherche montre que les conceptions des élèves favorisent la dimension technologique comme produit

(de Vries, 2005). Les trois autres dimensions sont peu présentes dans les conceptions des élèves. Il est donc important de travailler pour changer cette perception de l'éducation technologique très répandue dans la pratique (*Ibid.*).

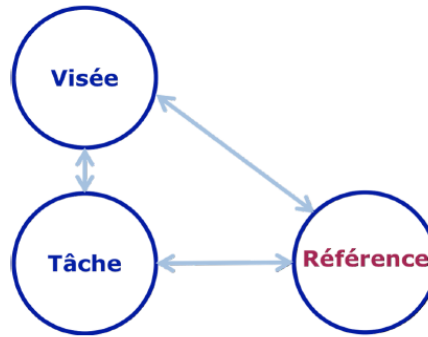
D'ailleurs, Martinand (2003) développe quelques problématiques importantes à considérer dans l'élaboration des curriculums de l'ET telles que: a) le problème de la référence, b) les types d'activités, c) les problèmes d'outillages et d'équipements, 4) le problème du langage et 5) le problème d'identité.

En ce qui a trait au problème de la référence, l'auteur précise qu'il s'agit de l'un des aspects majeurs de la définition même de l'ET, car les références constituent non seulement les justifications, mais aussi la source permanente d'activités en classe (Martinand, 1995). Les références permettent d'élucider les relations entre les activités scolaires et les pratiques sociales et d'éclairer les décisions de la construction de curriculum qui dépendent directement des choix sur ces relations et sur les domaines de référence. En plus des résultats de la recherche sur l'éducation technologique, les pratiques sociales de référence telles que les pratiques professionnelles, les pratiques sportives, l'ingénierie et autres doivent servir de sources de contenus pour le programme de l'ET. Ce choix est primordial pour la sélection des savoirs ou des compétences à faire acquérir. Martinand (2003) souligne que désigner les références des activités et les finalités visées par celles-ci passe, pour la technologie, bien avant la construction des savoirs à faire acquérir aux élèves.

De même, dans son analyse de la genèse de l'ET et de sa disciplinarisation, Lebeaume (2011) propose un modèle d'analyse tridimensionnel (figure 3), appelé «Cohérence des tâches, de leurs visées et de leurs références», représenté par le schéma ci-dessous.

Ce schéma propose une réflexion en vue de spécifier les variations des matières ou disciplines scolaires afin d'aborder des questions majeures qui permettent

de distinguer d'une part les fondements d'un enseignement ou les matrices disciplinaires ou épistémologiques au sens de Develay (1992) et leurs variations réelles ou potentielles, d'autre part des aspects de leur construction et de leur structure tels que leur élémentarisation, leur progressivité, leur flexibilité ou leur connexité avec d'autres enseignements. (Lebeaume, 2011, p. 5)



Tiré de Lebeaume, 2011*b*, p. 5.

Figure 3 – Cohérence des tâches, de leurs visées et de leurs références

Ainsi, le schéma ci-dessus permet d’abord «de repérer la cohérence interne entre les tâches proposées aux élèves, leurs visées éducatives et leurs références» (*Ibid.*, p. 5). Ensuite, il peut aussi être considéré d’un point de vue externe en se penchant cette fois sur les fonctions et missions qu’assure cette discipline dans le curriculum. Le repérage de ces missions est fondamental pour scruter les disciplines ou leurs reconfigurations à l’échelle curriculaire (*Ibid.*). Ce point de vue externe sera traité plus loin.

Le choix des tâches et des activités à proposer aux élèves doit permettre d’éviter les confusions entre les approches scientifiques et les approches technologiques. Selon Martinand (2003), les projets technologiques doivent être encadrés par des scénarios de réalisation sur des projets définis par référence aux pratiques d’entreprises. Ces projets doivent expliciter des ressources matérielles et documentaires, des tâches principales pour les élèves et des compétences en jeu. L’expérience éducative qui sera vécue par l’élève peut être exploitée pour comparer les tâches scolaires avec ce qui se passe dans le monde industriel (*Ibid.*). Selon Martinand (1995) deux catégories d’activités conviennent à l’ET: 1) la réalisation technique et 2) l’investigation technologique.

Pour la réalisation technique, on s’attend à ce que les élèves l’abordent en technologie, car elle correspond à la référence industrielle. De plus, la démarche de réalisation distingue l’ET de l’enseignement des sciences. Dès qu’un certain degré de complexité est atteint dans la démarche, les notions de projet technologique et de contrat de réalisation doivent lui être associées. Ces notions sont au cœur de la discipline et la DCT est une voie d’accès à ces apprentissages qui peuvent être ensuite réinvestis dans la démarche d’investigation technologique. Pour cette dernière démarche, l’auteur estime que l’étude d’objets, de

solutions technologiques, de systèmes par observation, d'expérimentation, d'analyse d'objets et des simulations devraient être abordées en classe autant que la DCT. Ensuite, les apprentissages et les processus acquis à travers ces tâches peuvent également être investis dans d'autres activités de conception technologique.

D'une manière globale, lorsqu'on considère les contenus de l'ET du point de vue curriculaire, deux principales orientations peuvent se dégager de l'analyse des écrits scientifiques dans le domaine.

La première orientation considère l'ET d'un point de vue social. En s'inscrivant dans la continuité des travaux de Dewey (1910), Zuga (1989) propose une théorie du curriculum basé sur la construction sociale. Le principe de cette ligne de pensée consiste à préparer l'enfant à entrer dans les domaines de la science et de la technologie, non pas à des fins capitalistes, mais dans un but social. La perspective sociale oriente le développement et la sélection des contenus curriculaires (savoirs et activités) qui composent le programme d'une discipline scolaire (*Ibid.*). Bien que Dewey n'ait pas travaillé directement sur l'ET, Zuga (*Ibid.*) croit qu'une telle théorie pourrait être adoptée par cette discipline⁴:

In order to implement a social reconstruction curriculum orientation in technology education, social problems, which have particular relevance to technology, are chosen and become the means for organizing technical processes. Technical processes are taught only as the need to know them in order to solve the social problems arises.
(p. 54)

Zuga (1992) suggère que la conception d'un curriculum pour l'éducation technologique doit être centrée sur les cinq catégories de préoccupations suivantes: a) les processus, b) les connaissances disciplinaires en relation avec la technologie et l'industrie, c) les processus cognitifs axés sur la pensée critique et sur la résolution du problème, d) la reconstruction sociale à travers les situations authentiques et e) l'apprentissage centré sur les besoins et intérêts individuels.

⁴ Traduction libre : «Afin de mettre en œuvre une orientation curriculaire sociale en éducation technologique, les problèmes sociaux, qui ont un intérêt particulier pour la technologie, sont choisis et deviennent des moyens pour organiser des processus techniques. Les processus techniques ne sont enseignés que comme des moyens afin de résoudre les problèmes sociaux qui surviennent» (Zuga, 1992, p. 54)

Dans la même perspective sociale, Seemann (2003) soutient que les facteurs sociaux (humains), les facteurs techniques (outils) et les facteurs environnementaux (matériels) doivent être considérés chaque fois que le curriculum de l'éducation technologique est développé.

Bien que l'ITEA (2007) associe explicitement la technologie à la culture d'une société (*technological literacy*), ses normes considèrent également la question des contenus des points de vue psychologique et épistémologique. En effet, l'ITEA présente, d'une manière cohérente, les normes pour la culture technologique (*Standards for Technological Literacy*) que chaque élève doit apprendre et être en mesure d'appliquer pendant son passage au secondaire (voir tableau 2).

Les normes de l'ITEA ont été créées à partir des critères suivants:

- Les normes disposent d'un ensemble commun d'attentes pour ce que les élèves doivent apprendre dans les classes et les ateliers de l'ET;
- elles sont adaptées au développement des élèves;
- elles fournissent une base pour élaborer des programmes significatifs, pertinents et articulés au niveau local et provincial;
- elles favorisent les transferts des contenus d'une discipline à l'autre.

Au niveau de la structure, ces normes sont regroupées en cinq grandes catégories au sein desquelles sont réparties vingt normes: 1) la nature de la technologie 2) la technologie et la société, 3) la conception; 4) les savoir-faire (habiletés) technologiques et 5) le monde conçu (*the designed world*).

Tableau 2
Normes pour la culture technologique

TABLE 2.1 Listing of Standards for Technological Literacy	
CHAPTERS	STANDARDS
<p>3</p> <p>Students will develop an understanding of The Nature of Technology. This includes acquiring knowledge of:</p>	<p>1 The characteristics and scope of technology.</p> <p>2 The core concepts of technology.</p> <p>3 The relationships among technologies and the connections between technology and other fields.</p>
<p>4</p> <p>Students will develop an understanding of Technology and Society. This includes learning about:</p>	<p>4 The cultural, social, economic, and political effects of technology.</p> <p>5 The effects of technology on the environment.</p> <p>6 The role of society in the development and use of technology.</p> <p>7 The influence of technology on history.</p>
<p>5</p> <p>Students will develop an understanding of Design. This includes knowing about:</p>	<p>8 The attributes of design.</p> <p>9 Engineering design.</p> <p>10 The role of troubleshooting, research and development, invention and innovation, and experimentation in problem solving.</p>
<p>6</p> <p>Students will develop Abilities for a Technological World. This includes becoming able to:</p>	<p>11 Apply the design process.</p> <p>12 Use and maintain technological products and systems.</p> <p>13 Assess the impact of products and systems.</p>
<p>7</p> <p>Students will develop an understanding of The Designed World. This includes selecting and using:</p>	<p>14 Medical technologies.</p> <p>15 Agricultural and related biotechnologies.</p> <p>16 Energy and power technologies.</p> <p>17 Information and communication technologies.</p> <p>18 Transportation technologies.</p> <p>19 Manufacturing technologies.</p> <p>20 Construction technologies.</p>

15

Tiré de ITEA, 2007, p. 15.

La première catégorie, nature de la technologie, considère la question des contenus du point de vue épistémologique. Elle est axée sur l'acquisition des savoirs reliés aux trois

normes qui sont: les domaines technologiques, les concepts centraux et les relations entre les différentes technologies et entre la technologie et d'autres champs disciplinaires. Elle remet en question les visées des apprentissages en considérant les savoirs et leur relation avec les différentes technologies.

La deuxième catégorie, technologie et société, est centrée sur les apprentissages autour des quatre normes suivantes: l'effet de la technologie sur la culture (sociale, économique et politique), son effet sur l'environnement, le rôle de la société dans le développement technologique et l'influence de la technologie sur l'histoire.

La troisième catégorie, conception technologique, est orientée vers la compréhension des trois normes suivantes: les attributs de la conception, la conception technologique, et enfin, le rôle du dépannage d'outils, de la recherche et du développement, de l'invention et de l'expérimentation sur la résolution du problème technologique. Si la conception a métamorphosé l'ET, l'ITEA et plusieurs chercheurs la considèrent comme un processus central dans toutes les activités technologiques: « *It [design] is as fundamental to technology as inquiry is to science and reading is to language arts*»⁵ (*Ibid.*, p. 90).

Cette catégorie, qui considère l'ET du point de vue épistémologique, met en évidence la rationalité soutenue par Fourez (1994). Pour cet auteur, comme le rappellent Bousadra et Hasni (2008), le savoir prend son sens autour d'une situation qui implique un contexte et un projet particuliers: la caractéristique principale de l'îlot de rationalité est d'être explicitement reliée à un contexte et à un projet.

La quatrième catégorie, savoir-faire, est axée sur les trois autres normes suivantes: habiletés d'appliquer la démarche de conception, habiletés d'utiliser et de maintenir des produits technologiques et habiletés d'évaluer les impacts des produits technologiques sur les individus et sur la société. Les composantes de cette catégorie permettent non seulement aux élèves de vivre des expériences connectées à leur vie réelle, mais aussi de tenir compte de leur diversité psychologique.

La cinquième catégorie, *The designed world* ou les domaines technologiques, se centre sur la sélection et l'utilisation des sept dernières normes, soit: les technologies

⁵ Traduction libre: «Elle [la démarche de conception] est aussi importante pour la technologie, que la recherche l'est pour la science et la lecture, pour les arts du langage» (ITEA, 2007, p. 90).

médicales, les technologies agricoles et biotechnologiques, l'énergie et la puissance technologique, la communication d'informations technologiques, les technologies de transport, les technologies de fabrication et les technologies de construction.

Une première analyse de ces normes montre que l'approche de l'ITEA s'inscrit dans les orientations de l'approche socioconstructiviste (Bijker, 1993; Hansen, 1997; Seemann, 2003). En effet, cette approche permet de centrer la technologie sur les habiletés cognitives au lieu de rester axée sur les compétences techniques de base. En plus d'encourager l'apprenant à s'impliquer dans la résolution des problèmes associés à sa vie réelle, l'approche socioconstructiviste démystifie le déterminisme technologique et les suppositions métaphysiques et laisse ainsi la place à la culture d'une société (construction sociale). Cette perspective s'inscrit dans les idées de Bloor (1991) et de Kuhn (1970) qui soutiennent que toutes les connaissances scientifiques sont des constructions sociales.

Dans cette logique, il existe toujours plusieurs solutions possibles à n'importe quel problème technologique (Hansen, 1997). Ce choix place la conception technologique dans le respect des ressources matérielles disponibles, mais limitées, des ressources intellectuelles, des contraintes de temps et du choix social de la solution (les compromis). C'est ainsi que ce courant de pensée rejette l'idée du déterminisme technologique qui suppose que la technologie tire son évolution d'elle-même ou de la science et qu'elle ne serait en aucun cas influencée par la société (Dakers, 2016). La perspective de l'ITEA embrasse les idées de Deleuze (2003). Pour ces derniers, «*it is society that impacts upon technology*» (Dakers, 2016, p. 2). Du point de vue de Deleuze (2006), «*machines are social before being technical*» (p. 34). Cela signifie que les objets technologiques sont d'abord une construction sociale. Par conséquent, tout produit technologique, que ce soit un outil simple ou une machine, organique ou non organique, doit d'abord exister pratiquement comme une pensée humaine avant de prendre une certaine forme matérielle.

Notre analyse des normes de l'ITEA montre également que ces dernières accordent une importance particulière à la conception technologique. En effet, deux catégories parmi les cinq sont dédiées à la conception: catégorie 3, axée sur la compréhension de la conception et la catégorie 4, orientée sur les savoir-faire et habiletés de mise en œuvre de la démarche de conception. Comme le soutiennent plusieurs chercheurs, l'ET centrée sur la

conception, sans négliger les connaissances, met l'accent sur les habiletés cognitives générales plutôt que sur les habiletés pratiques (Hansen, 1997; Lyle, 2009). C'est dire que «*The focus on design links technology to general cognitive abilities rather than to the practical skills or the tacit knowledge of the craftsman*»⁶ (Hansen, 1997, p. 49).

La technologie axée sur les habiletés pratiques évoquée par Hansen (1997) renvoie à ce que nous appelons des techniques qui, en fait, concernent communément les relations entre l'Homme et son environnement matériel. Elles sont associées aux habiletés manuelles, aux outils et aux procédures simples (Bouras, 2006).

1.1.2 *Les savoirs technologiques: quelques clarifications*

Bien que les savoirs technologiques fassent partie des composantes curriculaires, nous présentons, dans cette section, une catégorisation des principaux types de savoirs technologiques et des conditions de leur enseignement qui nous servira de cadre pour analyser des pratiques d'enseignement relatives à la DCT.

Notons d'abord que la terminologie qui réfère aux savoirs technologiques varie selon les prises de position, les points de vue et les orientations théoriques des auteurs.

Bien que plusieurs auteurs utilisent des terminologies différentes (psychologique ou épistémologique) pour catégoriser les savoirs technologiques, nous nous limitons aux deux catégories: savoir conceptuel et savoir-faire de nature méthodologique (Hasni, 2011; Lenoir, Maubant, Hasni, Lebrun, Zaid, Habboub et McConnel, 2007). Or, notre étude, portant sur les pratiques d'enseignement dans le cadre de l'enseignement de la DCT, s'inscrit dans l'orientation épistémologique et nous situons l'analyse par rapport à la didactique.

a) Savoirs conceptuels

Les savoirs conceptuels peuvent référer aux construits collectifs, aux lois empiriques, ainsi qu'aux référents théories (Martinand, 1994). Ils peuvent également référer aux idées générales et abstraites qui tentent d'établir des liens entre différents types de savoirs et la réalité. C'est en reliant ces «savoirs» que nous pouvons conceptualiser le monde (Dakers et

⁶ Traduction libre : «L'accent mis sur la conception relie la technologie aux capacités cognitives générales plutôt qu'aux compétences pratiques ou à la connaissance tacite de l'artisan». (Hansen, 1997, p. 49)

Dow, 2009). Ils sont une construction de l'esprit, qui permet de se représenter les objets du monde, même en leur absence (De Vecchi et Carmona-Magnaldi, 1996).

D'une manière générale, le savoir conceptuel désigne ce qui est acquis, construit et élaboré par l'étude ou l'expérience collectivement par la communauté scientifique (Kuhn, 1983). Il est donc considéré comme le pivot théorique qui organise l'ensemble des principales réponses aux questions dans le cadre des pratiques empiriques (Martinand, *Ibid.*). Bien que ce type de savoir puisse être abstrait en technologie, il n'est pas construit pour lui-même, il est le pivot théorique qui organise l'ensemble des principales réponses aux questions dans le cadre des pratiques empiriques (*Ibid.*).

Par ailleurs, comme le souligne Bachelard (1967), «l'expérience fait donc corps avec la définition de l'Être. Toute définition est une expérience; toute définition d'un concept est fonctionnelle» (p. 39). Les concepts sont donc des outils intellectuels destinés à résoudre une catégorie de problèmes, ceux qui caractérisent une discipline (Astolfi, 2006). Ils constituent des points de départ pour l'activité intellectuelle, car ils confèrent un pouvoir nouveau à celui qui en maîtrise l'usage. Ils ne viennent pas remplir le vide de l'ignorance, ni remplacer les erreurs par simple substitution; ils transforment des idées et représentations préexistantes par des ruptures et réorganisations conceptuelles, les erreurs n'étant que les révélateurs des modes de pensée sous-jacents (*Ibid.*). Les concepts fonctionnent toujours en relation avec d'autres concepts théoriques et techniques, ils sont des nœuds dans un réseau de relations, cohérent et organisé, et non des éléments disposés l'un à la suite des autres par simple juxtaposition (*Ibid.*).

Les relations qu'entretiennent les notions constitutives d'un concept en ET peuvent être organisées soit à l'aide d'une carte de concepts pour représenter l'image de la technologie (Thomson, 1997), soit à l'aide d'une trame conceptuelle amenée en didactique des sciences (Astolfi, 2006; Sauvageot, 1994). Cette dernière permet d'organiser les contenus d'enseignement autour de concepts définis de manière multidimensionnelle (Astolfi, 2002). Or, en ET, c'est la première qui est privilégiée comme le soutient Thomson (1997): «*Concept mapping is a more structured way to present the pupils' image*

*of technology»*⁷ (p. 98).

D'une manière générale, la carte conceptuelle est un outil graphique permettant de représenter des idées sur un thème et des relations théoriques entre ces idées,

Concept maps provide a graphical means of representing ideas about a topic and the theoretical links between these ideas. Once constructed they provide a platform for discussion, enabling learners and teachers to share understandings of these ideas and their possible links. (Ibid., p. 98)

Une fois construite, la carte de concepts fournit une plateforme de discussion permettant aux apprenants et aux enseignants de partager la compréhension de ces idées et leurs articulations éventuelles. L'élaboration des cartes conceptuelles doit suivre les règles suivantes: isoler et choisir les notions constitutives pertinentes sous la forme de termes isolés ou de locutions terminologiques, les hiérarchiser par niveaux ordonnés, puis les relier entre eux par des liens homogènes, souvent figurés explicitement (Özgür, 2004).

En somme, le bénéfice épistémologique de la carte conceptuelle est de rompre avec la présentation dominante du savoir sous forme de liste, pour y substituer une conception en réseau de significations qui renvoient les unes aux autres et s'ordonnent autour d'un nombre limité de questions (Astolfi, Darot, Ginsburger-Vogel et Toussaint, 2008). Cet instrument a pour objectif de rendre graphiquement visuel les concepts, l'interactivité et la hiérarchie des notions constitutives. Il assure une fonction d'organisation spatiale des connaissances relatives à des concepts (*Ibid.*).

Pour l'éducation technologique, McCormick (1997) considère que ce qui est important est que le savoir conceptuel n'est pas simplement un savoir factuel, mais se compose d'idées qui fournissent une certaine force pour réfléchir à l'activité technologique.

Pour Hasni (2001), le savoir scientifique en général n'est pas considéré comme un produit à importer tel quel du milieu de référence au milieu scolaire. Il doit d'abord être retravaillé et adapté à ce milieu et au niveau des élèves.

Dans la continuité des travaux de Schwab (1964) et Shulman (1986), Banks (2008, dans MacGregor, 2013) distingue les formes de savoirs pertinents pour l'ET: *subject content*

⁷ Traduction libre : «La carte conceptuelle est une manière plus structurée de présenter l'image des élèves de la technologie» (Thomson, 1997, p. 98).

knowledge, pedagogical knowledge, et subject school knowledge.

- *Subject content knowledge – working knowledge and understanding of specific aspects of Design and Technology, for example, control systems, textile technology, resistant materials, coupled with understanding and implementing of curriculum documents. (p. 48).*

Ce type de savoirs renvoie aux connaissances spécifiques à la technologie, telles que les systèmes de contrôle, les mécanismes, les propriétés des matériaux, la conception, l'optimisation, tout cela jumelé à la compréhension des enseignants et à la mise en œuvre des contenus du programme.

- *Pedagogical knowledge – subject application, and knowing and understanding the ways in which students learn. The term pedagogical content knowledge (PCK) can also be applied to refer to the changes that a teacher must make to his pedagogy to formulate subject matter so that it can be understood by students. PCK can also be subject-specific and is impacted upon by school subject knowledge and the constraints and opportunities it presents. (Ibid., p. 48)*

Ce type de savoirs constitue un moyen par lequel les élèves apprennent au sein de la discipline. Il renvoie aux savoirs enseignables et constitue le résultat d'un processus impliquant une sélection et une transformation. Ainsi, dans le contexte de l'ET, le *pedagogical knowledge* établit une distinction entre les savoirs d'origine (pratique de référence) et les savoirs enseignables.

- *School subject knowledge – recognising that school-based Design and Technology education is different to that practised in the world outside school, including aspects that may be specific to a site such as resource availability, expertise of existing staff or budget constraints. (Ibid., p. 49)*

Dans ce type de savoirs, il s'agit de reconnaître que la technologie et la conception technologique sont différentes de la technologie et de la conception telles qu'elles sont pratiquées à l'extérieur de l'école. Les différences sont exprimées en termes de ressources disponibles, en termes d'expertise et en termes de contraintes budgétaires. Pour Schwartz (s.d., dans Ginestié, 2002), les situations de résolution de problème dans une classe se distinguent des situations de problème dans une entreprise par les savoirs et le problème: «dans l'entreprise, le problème était commun et les savoirs partagés alors qu'en classe, les savoirs sont communs et le problème partagé» (p. 9).

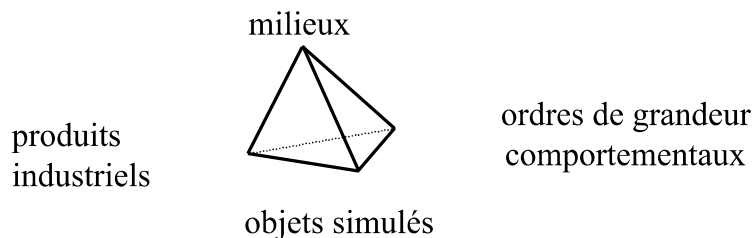
Considérant la technologie comme science de l'ingénieur, Ropohl (1997) insiste sur l'importance des savoirs conceptuels dans la résolution des problèmes de conception technologique. Ces savoirs renvoient aux lois naturelles et aux lois technologiques. Une loi est dite technologique si elle est soit une transformation d'une ou de quelques lois naturelles à l'égard d'un processus technique réel, soit une généralisation empirique sans fondement théorique (*Ibid.*). Les deux exemples ci-après illustrent ces deux lois technologiques: le premier exemple, la loi scientifique transformée, est la loi de Hooke d'élasticité en mécanique. Cette loi considère l'élasticité d'un matériau comme une fonction linéaire de la tension (force). Cependant, elle possède des limites d'application. Par conséquent, le technologue doit effectuer des calculs et des essais de force sur certaines variables pour déterminer à quelle tension cette loi cesse de s'appliquer. Le deuxième exemple, la loi empirique, est celui de la loi de coupe de métal (metal-cutting law) développée par Astakhov (1998). À titre d'information, cette loi stipule⁸ que pour toute combinaison de matériau et d'outil de coupe donnée, il existe une température, appelée «température de coupe optimale», à laquelle la combinaison de l'usure d'outil minimal, de la force de coupe stable minimale et de la réalisation de la surface usinée de haute qualité est atteinte. Cette loi est obtenue à la suite d'un éventail d'expériences et il n'existe pas de théorie cohérente pour la soutenir comme loi naturelle. Du point de vue scientifique, cette loi semble aller à l'encontre du principe épistémologique de Popper (1984) qui considère ce genre d'explication comme un réductionnisme pur. Toutefois, pour autant qu'elle fonctionne, les technologues ne se soucient pas de son origine, puisque c'est son efficacité qui compte le plus. En fait, la technologie ne s'intéresse pas à la vérité scientifique ou à l'explication ultime dans le sens de Popper, mais s'intéresse au succès et à l'efficacité dans la pratique. Donc, la justification épistémologique d'une loi technologique est laissée à sa réussite et à son efficacité dans la pratique.

⁸ Metal-cutting law: *For a given combination of the tool and work materials, there is the cutting temperature, referred to as the optimum cutting temperature at which the combination of minimum tool wear rate, minimum stabilized cutting force, and highest quality of machined surface is achieved* (Astakhov, 1998, p. 219).

b) Exemples de savoirs technologiques et leur acquisition

Dans son cadre d'explicitation des connaissances nécessaires à l'enseignement technologique et à l'évaluation des apprentissages, Cartonnet (2000) développe un modèle dit PYSTILE (acronyme de PYramide de Sciences et Techniques IndustriellEs), comme le montre la figure 4 ci-dessous.

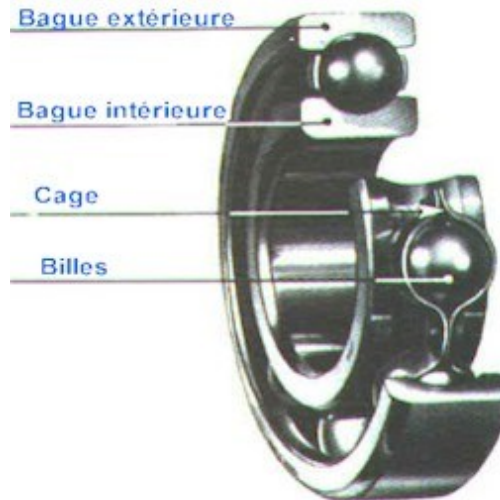
Les connaissances des «milieux» caractérisent les savoirs provenant des deux milieux extérieur (environnement de fonctionnement: température, physique, humaine, technique, etc.) et intérieur (relations à l'intérieur, entre les pièces, de l'objet), avec lesquels tout objet technologique est lié.



Tiré de Cartonnet, 2000.

Figure 4 – Connaissances relatives aux activités de conception

Les relations intérieures ne sont pas sous forme d'actions mécaniques, mais toutes les relations utilisent plutôt un fluide comme médiateur (refroidissement ou lubrification), car ces relations ne peuvent pas exister sans la présence du fluide. À titre d'exemple, un roulement à billes est toujours décrit comme étant constitué de quatre types d'éléments (figure 5): la bague intérieure, la bague extérieure, les éléments roulants et la cage.



Source de l'image: <http://rollerscabsi.free.fr>.
Figure 5 – Roulement à billes

À première vue, nous pouvons seulement décrire ce roulement sous forme d'un objet technologique composé des quatre éléments, identifiés ci-dessus. Cependant, sans lubrifiant (huile, graisse ou poudre) la plupart des roulements n'existeraient pas. Il est donc essentiel de le considérer dans la description de la structure du roulement (Cartonnet, 2000). Ce type de savoirs relatifs au fonctionnement intérieur de l'objet passe dans la majorité des cas, inaperçu, car le regard physique (simple) porté sur les produits technologiques ne perçoit que les composants solides et ne permet pas de constater facilement cet élément de lubrification.

Les connaissances des produits industriels renvoient aux concepts qui permettent d'abstraire les produits technologiques particuliers en une classe, tels que le principe de fonctionnement cinématique (bielle-manivelle), le principe d'amplification d'effort (levier) et l'agencement des composants, etc. (*Ibid.*). Ce type de connaissances dépend évidemment des connaissances des milieux et des propriétés caractéristiques de la matière. En effet, les cages des roulements à billes ne peuvent pas être en matériau dont le point de fusion est bas si la température de fonctionnement dépasse 120°C.

Les connaissances d'objets simulés renvoient aux modèles théoriques (dynamique, cinématique, élastique, plastique, thermique, etc.) que le concepteur doit utiliser afin d'évaluer si le produit industriel atteint bien les performances et évite bien les défaillances énoncées par les connaissances des milieux propres à l'objet. Relativement à l'utilisation de modèles théoriques dans le cadre des objets simulés, deux apprentissages sont à réaliser

(*Ibid.*): 1) du point de vue technique (maîtrise d'outils et procédures) et 2) du point de vue technologique (choix du modèle, résolution du problème, maîtrise méthodologique).

Les connaissances sur les ordres de grandeur comportementaux font référence aux données numériques qui permettent de concrétiser les réponses apportées et de les comparer pour différents produits industriels.

En somme, le modèle PYSTILE peut renforcer le transfert d'apprentissages, notamment le *far transfer*, car en l'intégrant, l'apprenant serait capable de participer à l'action en situation de travail sans chercher à modifier le contexte de cette dernière pour se resituer dans un contexte de formation. Il peut également aider les concepteurs en éducation non seulement à collecter et à organiser des connaissances qui constituent une part du contenu de leur enseignement, mais aussi à évaluer les apprentissages des élèves (*Ibid.*)

En résumé, les connaissances des milieux permettent aux élèves d'envisager la question d'assurer une fonction dans certaines conditions d'application (Cartonnet, 2000; Johnson, 1992. Les connaissances des produits industriels leur permettent de proposer des solutions en se basant sur les savoirs déjà connus (culture) (Cartonnet, 2000; Hansen, 1997). Les connaissances des objets simulés leur offrent la possibilité de mettre à l'épreuve la solution choisie face au besoin. Enfin, les connaissances sur les ordres de grandeur leur permettent de vérifier le respect des contraintes (le cahier des charges) de l'objet en question (Cartonnet, 2000).

Quant au niveau cognitif de l'élève, les savoirs du milieu peuvent être exprimés sous plusieurs niveaux de formulation au sens d'Astolfi *et al.*(2008). Par exemple, le roulement à billes illustré ci-dessus peut être considéré, à un premier niveau, comme étant un système composé de quatre composants élémentaires: bague intérieure, bague extérieure, des billes de roulement et la cage, tout comme on peut le considérer dans un second niveau, c'est-à-dire que les quatre éléments qui le composent sont des conditions nécessaires, mais non suffisantes à son fonctionnement. C'est donc dire qu'il faut considérer les différents composants, les lubrifiants (huile ou graisse) et les types de relations (contact, frottements, etc.) que ces éléments peuvent entretenir entre eux pour que l'objet (roulement à billes) atteigne sa finalité.

c) Savoir-faire méthodologiques

Selon Martinand (2003), la connaissance et la l'exécution des savoir-faire en éducation technologique sont essentielles à la réussite des conceptions; il s'agit donc de l'ensemble des connaissances pratiques (habiletés techniques, stratégies, méthodes, etc.) mises en œuvre lors de la DCT.

Les savoir-faire du point de vue de McCormick (2004) renvoient aux savoirs procéduraux qui consistent à «savoir faire quelque chose». Pour d'autres auteurs, les savoir-faire renvoient également à «savoir comment», ou ce que Ryle (1949) appelle «*knowledge how*». Ces savoirs permettent une action habile et comprennent des techniques, des compétences, des stratégies et la capacité de garantir des objectifs (Stevenson, 1991).

À l'instar de la hiérarchie des savoirs conceptuels (Astolfi, 2008; Giordan et De Vecchi, 1987; Sauvageot, 1994), certains auteurs ordonnent les savoir-faire en plusieurs niveaux (Alexander et Judy, 1988; Stevenson, 1994).

Dans la typologie de Stevenson (*Ibid.*), les savoirs procéduraux peuvent être hiérarchisés sous les trois ordres suivants⁹:

- *First order: these are directed to known goals and are automatic, fluid, algorithmic, and include specific skills such as hammering in a nail.*
- *Second order: these achieve unfamiliar goals, and operate on specific procedures and include strategic skills such as problem solving.*
- *Third order: this switches cognition between the other two levels and hence it has a controlling function.* (p. 13-14).

Les savoirs procéduraux du premier ordre, dans la hiérarchie de Stevenson (1994), ciblent des objectifs spécifiques connus. Ils sont automatiques, fluides, algorithmiques et comprennent des habiletés spécifiques telles que savoir couper du bois, utiliser un marteau,

⁹ Traduction libre:

- Premier ordre: ce sont ceux orientés vers des objectifs connus et ils sont automatiques, fluides, algorithmiques, et comprennent des compétences spécifiques telles que marteler un clou.
- Deuxième ordre: ce sont ceux qui permettent d'atteindre des objectifs non familiers et s'opèrent sur des procédures spécifiques; ils comprennent les compétences stratégiques, telles que la résolution de problèmes.
- Troisième ordre: ce sont ceux qui basculent la cognition entre les deux autres ordres et ils ont donc une fonction de contrôle (Stevenson, 1994, p. 13-14).

souder deux morceaux de métal, etc. Ils sont destinés à résoudre des situations traditionnelles spécifiques. Ils s'avèrent inefficaces lorsque les situations problèmes sont inhabituelles ou mal définies pour les élèves.

Lorsque les situations problèmes sont inhabituelles ou non familières, les savoirs procéduraux du deuxième ordre sont nécessaires. Ces derniers s'opèrent sur des procédures spécifiques et comprennent des habiletés stratégiques, telles que la décomposition du problème technologique en sous-éléments simples ou sous-objectifs (Greeno et Simon, 1988) ou l'analyse de la DCT (Newell et Simon, 1972), comme en témoigne l'extrait suivant: «*The second order includes those needed for breaking the task up into a series of sub-goals (Greeno and Simon, 1988) or engaging in means-end analysis (Newell and Simon, 1972)*»¹⁰ (Billett, 1996, p. 3).

Les savoirs procéduraux du troisième ordre (dit aussi d'ordre supérieur) ciblent l'articulation de la cognition entre les savoirs procéduraux du premier ordre et ceux du deuxième ordre. Donc, ils ont une fonction de contrôle et d'organisation des activités. Ils assurent également le passage d'un niveau de savoir procédural à un autre lorsque celui-ci est nécessaire. En effet, Billett (*Ibid.*) décrit ce niveau comme illustré ci-dessous.

*First and second orders are managed by forms of third or higher-order procedural knowledge, which act upon lower orders of knowledge (Evans, 1991a; Scandura, 1982; Stevenson, 1986a, 1991), by monitoring and organising activities, and by switching between orders, when necessary*¹¹ (Scandura, 1982; Stevenson, 1991). (p. 3)

Par conséquent, le rôle du savoir-faire de niveau supérieur est particulièrement important dans les processus de pensée associés à des activités non familières. Le traitement de ces dernières fait appel à la DCT mobilisée dans des situations d'enseignement mettant en

¹⁰ Traduction libre: «Le deuxième ordre comprend ceux qui sont nécessaires pour décomposer la tâche en une série de sous-objectifs (Greeno et Simon, 1988) ou de se livrer à l'analyse des moyens-produits» (Billett, 1996, p. 3)

¹¹ Traduction libre: «Le premier et le deuxième ordre des savoir-faire sont régis par des formes de connaissances procédurales de troisième ordre et d'ordre supérieur, qui agissent sur les ordres inférieurs de connaissances (Evans, 1991a; Scandura, 1982; Stevenson, 1986a, 1991), par le suivi et l'organisation de l'activité, et le cas échéant, par la commutation entre les différents ordres» (Stevenson, 1991, dans Billett, 1996, p. 3)

œuvre les problèmes complexes ou authentiques (Gott, 1989) ainsi que le transfert des connaissances à de nouvelles situations (Royer, 1979; Stevenson, 1991). Dans cette perspective, les savoir-faire d'ordre supérieur renvoient à des performances requises lors de la résolution des problèmes technologiques non familiers. Ils permettent également de prédire les résultats probables de la performance, et ainsi guider consciemment l'action des apprenants d'une manière tout à fait différente des savoirs d'ordres inférieurs (Stevenson, 1994). En ce sens, Barlex (2011) interpelle l'interaction entre la main (action, processus) et la tête (pensée). Selon cet auteur, la main est la pointe de l'esprit. Il ajoute que la civilisation n'est pas une collection d'objets finis; elle est une élaboration de processus. En effet, *«the hand is the cutting edge of the mind. Civilisation is not a collection of finished artefacts; it is an elaboration of processes»*¹² (Ibid., p. 116).

En somme la hiérarchisation des savoir-faire est très importante, mais l'identification des limites entre ses différents ordres n'est pas évidente ni pour l'enseignant, ni pour l'élève. À cet effet, McCormick (1997) associe le niveau des savoir-faire aux savoirs conceptuels en postulant que la clé pour reconnaître le niveau d'ordre d'un savoir procédural est en fait le savoir conceptuel. Cette articulation entre les deux catégories de savoirs devient plus importante à mesure que la complexité de la situation d'enseignement et d'apprentissage augmente.

1.2 La DCT: un contenu particulier

Selon Martinand (1995), la démarche de réalisation et les questionnements sur l'objet technologique confèrent à l'ET son statut intellectuel. De plus, la DCT est considérée comme savoir procédural d'ordre supérieur particulier, car elle dépend des savoirs conceptuels et procéduraux considérables à mobiliser dans des situations technologiques complexes (Glaser, 1984, 1992; McCormick, 1997; Stevenson, 1994).

Koen (2003) partage cet avis en soulignant que la DCT peut être vue comme une stratégie qu'on utilise pour amener le meilleur changement dans une situation mal comprise et dans la limite des ressources disponibles: *«the strategy for causing the best change in a poorly understood situation within the available resources»* (Ibid., p. 7).

¹² Traduction libre: «la main est la pointe de l'esprit. La civilisation n'est pas une collection d'objets finis; elle est une élaboration de processus» (Barlex, 2011, p. 116)

Pour Petroski (1996), la DCT est un processus, une série d'étapes liées aux objectifs énoncés. C'est une manière de concevoir et de créer de nouveaux objets et de communiquer ces solutions à d'autres d'une manière facilement compréhensible.

1.2.1 *Les concepts essentiels de la DCT*

Si plusieurs auteurs sont d'avis qu'il est crucial d'identifier les concepts essentiels dont les élèves ont besoin pour développer leur compréhension de la DCT, pour d'autres, cette compréhension est bien sûr essentielle dans la conception technologique, mais elle n'en constitue pas l'objectif principal. Le but de la DCT est de développer la capacité efficace et créative afin d'intervenir dans le monde réel (Barlex, 2011; Ropohl, 1997): «*the primary purpose is to develop the ability to "intervene effectively and creatively in the made world"*»¹³ (Barlex, 2011, p. 10).

Toujours selon Barlex (2011), sept concepts clés constituent la base de la DCT bien qu'ils ne soient pas considérés d'une manière isolée: la conception, la fabrication, les ressources et leurs caractéristiques, le contrôle, les structures, les systèmes et le monde conçu.

La «conception» renvoie à la génération, le développement et la communication des idées pour des produits, des services, des systèmes et des environnements en réponse aux besoins des utilisateurs et aux désirs et/ou aux opportunités de marché. Les éléments clés de la conception sont la déclaration du client ou de l'utilisateur (connaissances du problème), la fonction globale du produit à concevoir, les stratégies telles que le *brainstorming*, l'analyse, l'observation, les habiletés techniques (dessins, schémas, communication et l'utilisation d'outils technologiques numériques et traditionnels).

Le deuxième concept, «la fabrication», est l'acte de mettre en œuvre les idées de conception en utilisant des outils manuels, des machines-outils et de l'équipement contrôlé par ordinateur. Les élèves vont fabriquer des objets en utilisant une large gamme de matériaux tels que les produits de textile, le bois, le métal, le plastique, des matériaux composites, etc.

¹³ Traduction libre: «Le but principal est de développer la capacité "d'intervenir dans le monde avec créativité et efficacité"». (Barlex, 2011, p.10)

Le troisième concept, les «ressources», renvoie aux formes d'énergie, à des matériaux et à des composants qui seront utilisés dans la production et pendant l'utilisation des objets dans l'environnement de leur fonction. Ces ressources ont des caractéristiques qui définissent et limitent leur application potentielle (*Ibid.*).

Le quatrième concept est celui des «structures». Les éléments des structures renvoient aux formes qui résistent aux forces qui, autrement, entraîneraient un changement de forme ou de taille. Elles sont formées, dans la plupart des cas, d'un assemblage de composantes qui supporte une charge. Chaque composante fait partie d'un tout et ne peut, par elle-même, supporter la charge. Dans le contexte de l'ET, du papier, du carton, du bois, des produits textiles, des métaux et du plastique peuvent être utilisés afin de concevoir et fabriquer des objets 3D pour agir en tant que structures.

Le cinquième concept, «les systèmes», est défini comme étant une combinaison de pièces simples connexes organisées dans un agencement complexe. La compréhension de la relation entre les éléments simples permet de modéliser le comportement du système. La pensée systémique permet de considérer les entités complexes à différents niveaux de détails selon le but considéré.

Le sixième concept, le contrôle, renvoie aux mécanismes, aux circuits électriques et aux programmes informatiques ou électroniques. Les éléments clés du concept «contrôle» sont les mécanismes, les interrupteurs, les langages de programmation et les microcontrôleurs, comme le souligne Barlex (2011)¹⁴:

- *The use of mechanisms to control both force and movement;*
- *The use of switches in circuits to control multiple actuators;*
- *The use of graphical or text based programming language to control actuators in response to sensors;*
- *The design circuits for use with microcontrollers.* (p. 11)

En ce qui concerne le dernier concept, «le monde conçu» (*designed world*), il est mis en œuvre à travers la conception et la fabrication de tous les produits, services, systèmes et environnements que nous utilisons dans notre vie quotidienne. L'essentiel de ce concept

¹⁴ Traduction libre: «L'utilisation des mécanismes pour contrôler à la fois la force et le mouvement; l'utilisation d'interrupteurs de circuits pour commander plusieurs actionneurs; l'utilisation d'un langage graphique ou de programmation basé sur le texte pour contrôler les actionneurs en réponse à des capteurs; les circuits de conception pour une utilisation avec les microcontrôleurs» (Barlex, 2011, p. 11)

réside dans l'utilisation, par les individus de produits, services et systèmes technologiques afin de les aider dans leurs activités quotidiennes, et dans l'introduction des objets et des technologies émergentes aux marchés. Tous ces éléments fournissent des opportunités pour développer de nouveaux produits technologiques.

1.2.2 *Les compétences fondamentales à la conception*

En référence au domaine professionnel, Barlex (*Ibid.*) développe cinq compétences fondamentales pertinentes pour la conception technologique: la conception, la fabrication, les tests, l'évaluation et l'esprit critique.

1. Designing

This requires strategies for identifying users' needs and wants, generating design ideas, developing and communicating design ideas, and planning.

2. Making

This requires techniques for using hand tools, machine tools and computer assisted manufacture.

3. Testing

This requires techniques for investigating the technical performance of a design

4. Evaluating

This requires strategies for assessing the quality of a design against a range of criteria.

5. Critiquing

This requires an ethical framework for assessing the impact of designs and related technologies on society and their overall desirability.

(p. 12)

1.2.3 *Les différentes considérations de la DCT*

Afin de tenir compte de la diversité des entrées des auteurs qui orientent fortement les manières d'aborder la DCT et, par conséquent, ses modalités d'actualisation dans les situations de mise en œuvre en classe, nous présentons ci-dessous ces approches et identifions les caractéristiques qui doivent être prises en considération pour choisir un modèle ou l'autre.

Tout d'abord, rappelons qu'un modèle, selon Ross (1985), peut être représenté simplement ainsi: M est un modèle de A, si M peut être utilisé pour répondre aux questions sur A.

Tate, Chandler, Fontenot et Talkmitt (2010) soutiennent que le choix d'un modèle dépend généralement des objectifs des éducateurs. Leur choix doit, en principe, leur permettre de répondre aux questions suivantes: Qu'est-ce qu'un modèle de DCT qui est suffisamment souple pour établir des liens entre les différentes pratiques professionnelles, mais assez précis pour servir de base à l'ET?

Les raisons derrière le choix d'un modèle de la démarche ne sont pas seulement d'initier les élèves à ce que font les concepteurs et les processus cognitifs qu'ils suivent, mais aussi de fournir une structure pour les éducateurs afin d'initier, de gérer et d'évaluer les activités de conception technologique.

Dym, Agogino, Eris, Frey et Leifer (2005) proposent un modèle de conception qui se caractérise par un ensemble de compétences incluant celles de tolérer l'ambiguïté, d'afficher une perspective des systèmes, de traiter de l'incertitude et le doute, et enfin d'utiliser des estimations, des simulations et des expériences pour prendre des décisions efficaces.

Selon Tate *et al.* (2010), le critère le plus important dans le choix d'un modèle de la DCT est l'intention. En d'autres mots, quelle est la mission poursuivie par l'enseignement de la démarche à sélectionner? Les auteurs distinguent deux catégories de modèle: le modèle descriptif et le modèle prescriptif, ou normatif.

La distinction entre le modèle descriptif et le modèle normatif est que le premier est centré sur les activités des apprenants, alors que le second est axé sur les activités de l'enseignant comme l'indique Cross (1994): «*Some models [of the design] simply describe the sequences of activities that typically occur in designing; other models attempt to prescribe a better or more appropriate pattern of activities*»¹⁵ (dans Tate *et al.*, 2010, p. 384).

Une autre considération à respecter dans le choix d'un modèle de la DCT porte sur sa correspondance à la réalité, la contextualisation. Evbuomwan, Sivaloganathan et Jebb (1996) regroupent les modèles de la démarche en deux catégories: celle fondée sur les

¹⁵ Traduction libre: «Certains modèles [de conception] décrivent simplement les séquences d'activités qui se produisent généralement dans la conception; d'autres modèles tentent de prescrire un meilleur modèle ou le plus approprié aux activités» (Cross, 1994, dans Tate, Chandler, Fontenot et Talkmitt, 2010, p. 384)

activités cognitives centrées sur le problème et celle basée sur les étapes d'évolution de l'objet de conception centré sur le projet.

Le modèle cognitiviste se compose de multiples itérations entre les trois activités suivantes: analyse, synthèse et évaluation (*Ibid.*). Dans cette perspective, l'analyse consiste à comprendre le problème de conception et à générer ses contraintes et ses spécifications (cahier des charges). La synthèse traite de la génération d'idées, de la planification et de la résolution du problème posé. L'évaluation porte sur la confrontation entre la solution retenue et le cahier des charges (fonction, contraintes et spécifications). En revanche, le modèle basé sur les étapes d'évolution a tendance à mettre l'accent sur la progression de la conception en termes de quantité d'informations connues sur sa mise en œuvre. Dans cette dernière perspective, l'énoncé du problème peut être considéré comme une première description de l'état initial du produit désiré. Progressivement, cet état se transforme en un état dans lequel il existe une description complète du produit contenant les informations nécessaires pour réaliser le produit final matérialisé (*Ibid.*).

Selon Blessing (1995), les modèles axés sur le produit accordent une importance particulière aux savoir-faire, aux activités de construction et à la conception d'objets en se basant sur une synthèse des connaissances provenant de plusieurs champs disciplinaires. Cependant, les modèles orientés sur le problème s'organisent autour du savoir pourquoi (*know why*) et de la solution théorique du problème en utilisant des connaissances pertinentes, quelle que soit leur discipline d'origine.

Si nous examinons de près ces distinctions, nous pouvons comprendre que quoique l'enseignement de la DCT soit associé à plusieurs courants, la majorité des modèles sont influencés soit par l'apprentissage par problème, soit par l'apprentissage par projet.

L'apprentissage par problème est axé sur l'apprentissage expérientiel organisé autour de l'investigation et de la résolution de problèmes complexes en lien avec la vie réelle. Cet apprentissage est destiné à fournir des expériences authentiques qui favorisent non seulement un apprentissage actif et l'acquisition des connaissances, mais également une intégration des apprentissages scolaires et de la vie réelle. Dans cette approche, les enseignants proposent des situations soigneusement sélectionnées et le rôle de l'élève consiste à identifier l'origine du problème et les conditions nécessaires à sa résolution tout en agissant comme apprenant

autonome qui travaille avec l'enseignant, comme collègue, dans la résolution du problème (Eide, Jenison, Marshaw et Northrup, 2001; Tate *et al.*, 2010; Torp et Sage, 2002). L'avantage de cette approche est que l'élève construit par lui-même ses apprentissages.

Dans l'apprentissage par projet (appelé ici démarche de projet en technologie), les élèves entreprennent des projets et réalisent une recherche sur les divers aspects d'un thème de la vie de tous les jours (Frank, Lavy et Elata, 2003). Les caractéristiques réelles de ce type de projet peuvent être associées au travail collectif, à la nature concrète et socialisable de la production finale, au rôle actif de l'élève et à l'acquisition des apprentissages figurant au programme (Bousadra, 2014). Dans cette perspective, les projets se composent de deux éléments essentiels: 1) une question centrale ou un problème à résoudre (fil conducteur) et le déroulement des activités des élèves; 2) des produits résultants qui traitent la question ou le problème central (Frank *et al.*, 2003). Les bénéfices de l'approche orientée sur le projet incluent une participation engagée des élèves, une motivation accrue et un développement des compétences multidisciplinaires tels que la pensée critique, la collaboration, le travail en équipe, les attitudes, la gestion de projet, la responsabilité éthique, etc. (Frank, 2005; Sheppard, Colby, Macatangay et Sullivan, 2004).

En somme, les deux modèles se distinguent par la transformation d'un problème ou d'un besoin humain à une solution ou à une conception. Le premier, apprentissage par problème, est centré sur l'analyse du problème à l'étude et l'abstraction des étapes de la démarche; alors que le deuxième, approche par projet, est centré sur l'analyse des idées du produit et les étapes d'évaluation (Blessing, 1995).

Devant la diversité des modèles, il est difficile pour l'enseignant de traduire toutes ces démarches en classe. Les enseignants et les concepteurs du matériel didactique ont besoin d'une définition plus opérationnelle et des modalités de sa mise en œuvre. La définition de l'ITEA (2007) nous semble aller dans ce sens:

The design process includes defining a problem, brainstorming, researching and generating ideas, identifying criteria and specifying constraints, exploring possibilities, selecting an approach, developing a design proposal, making a model or prototype, testing and evaluating the design using specifications, refining the design,

*creating or making it, and communicating processes and results*¹⁶ (p. 97).

Or, cette définition n'explique ni l'acquisition des nouveaux savoirs, ni les actions à poser.

La résolution de problèmes et le désir de l'utiliser en éducation et de l'appliquer dans les lieux de travail ne sont pas une idée nouvelle. Bien que la recherche scientifique ait généré différentes méthodes de résolution de problèmes technologiques en éducation, l'une des plus marquantes est le processus de Dewey (1910) composé des cinq étapes suivantes: «1) *felt difficulty* (sentir la difficulté ou un besoin); 2) *problem clarification* [clarifier le problème]; 3) *identification of possible solutions* [identifier les solutions possibles]; 4) *testing of solutions* [tester les solutions], and; 5) *verification of results* [vérifier les résultats]» (p. 72).

Ce processus a inspiré plusieurs chercheurs dans le développement de différentes méthodes. Par exemple, Frith (2016) développe une séquence appelée *Dewey Sequence Problem-solving* que nous présentons dans le tableau 3.

¹⁶ Traduction libre: «Le processus de conception comprend la définition d'un problème, la réflexion, la recherche et la génération des idées, l'identification des critères en spécifiant les contraintes, l'exploration des possibilités, la sélection d'une approche, l'élaboration d'une proposition de conception, la fabrication d'un modèle ou d'un prototype, les essais et l'évaluation de la conception en utilisant les spécifications, le raffinement de la conception, la création et la communication des processus et des résultats» (ITEA, 2007, p. 97)

Tableau 3
Séquence de résolution de problème de Dewey¹⁷

Dewey Sequence Problem-Solving

Step One: Define the Problem

1. What is the specific problem that the group is concerned about? (This is your policy question).
2. What terms, concepts, or ideas need to be defined?

Step Two: Analyze the Problem

1. What is the history of the problem?
2. What are the symptoms of the problem?
3. What are the causes of the problem?
4. What methods, (approaches, laws, policies) currently exist for dealing with the problem?
5. What are the limitations of these methods?

Step Three: Determine Criteria for optimal Solution

What are the guidelines for a workable solution? (Sample criteria may include cost, ability to be implemented, enforced, i.e., band uniforms-comfortable, eye catching, weather resistant).

Step Four: Propose Solutions

After the group has analyzed the problem and suggested criteria for a solution, it should begin to suggest possible solutions in hypothetical terms. Many suggest a variety of possible solutions with evaluating them. (Brainstorming).

Step Five: Evaluate Proposed Solution

After the group has compiled a list of possible solutions, it should be ready to select the best possible solution in light of the criteria that the group developed in step three.

1. Are there any disadvantages to the solution? Do the disadvantages outweigh the advantages?
2. Does the solution conform to the criteria formulated by the group? (The group may decide to modify the criteria).

Step Six: Select a Solution

1. Weigh merits and deficiencies of the solution.
2. What would be the long-term and short-term effects of this solution if it were adopted?

Step Seven: Suggest Strategies to Implement the Solution

Group members should be confident that the solution will indeed solve the problem. After the group selects the solution they must determine how to put the solution into effect.

1. How can the group get public support and approval for its proposed solution?
2. What specific steps are necessary to implement the solution?
3. How can the group evaluate the success of its problem-solving efforts?

¹⁷ Méthode publiée sur le site facultaire à l'adresse
<<http://faculty.scf.edu/frithl/SPC1608update/handouts/Dewey.htm>>.

Le premier avantage de cette démarche est de guider, par des questions, les intentions derrière chacune des étapes. Elle met en évidence, dès le début, le développement des concepts technologiques. Elle montre également qu'une fois qu'un problème a été identifié, son processus de résolution peut commencer. Il s'agit, selon Newell et Simon (1972), de la transition d'une situation initiale à un état désiré.

Notons que plusieurs chercheurs soutiennent qu'à tout problème de conception bien posé, la solution est évidente (Dewey, 1910; Guerra, Allen, Crawford et Farmer, 2012; Kelley, 2008; Lebeaume et Martinand, 1998; NASA, 2013). Mais, selon Tate *et al.* (2010), il existe toujours des compromis dans toute conception technologique. Cela met en évidence que la planification dans une démarche de résolution technologique n'est pas un engagement, elle est une intention. Dans les circonstances, la planification est à la merci des contraintes et des ressources disponibles.

Dans la logique de Frith (2016), l'enseignant doit accorder une importance particulière à l'analyse. En effet, une analyse approfondie du problème, du but et de la raison de la conception place l'enseignant dans une situation de type industriel, une situation authentique. Les situations d'enseignement-apprentissages de ce type recourent habituellement à l'explication et à l'argumentation qui allouent à la manipulation des faits technologiques une place centrale.

1.2.4 *Les caractéristiques communes aux approches de la DCT*

Bien qu'il n'y ait pas de DCT universelle, les différentes propositions partagent des caractéristiques communes (les moments clés ou les étapes).

Les étapes que les auteurs attribuent à la DCT ne sont pas censées être suivies linéairement, elles servent de repères importants pour guider les élèves dans leur processus en utilisant les ressources disponibles (matériels et connaissances) et leur savoir-faire pour arriver à une variété de solutions.

Il est donc primordial de présenter la diversité des approches pour montrer aux élèves que les démarches utilisées en technologie ne se réduisent pas à une approche unique et stéréotypée. Le processus de résolution doit être choisi selon le contexte de la conception. L'implication de l'apprenant dans le choix de l'approche est bénéfique pour l'apprentissage

parce que ce geste peut libérer la technologie du déterminisme et l'écarter ainsi de l'élitisme (Bijker, 1993).

Toutefois, malgré cette diversité, toutes les démarches technologiques tournent autour des trois moments clés suivants: 1) Formuler un problème (transformer un besoin en un problème technologique); 2) planifier et mettre en œuvre une démarche et 3) concevoir une solution et conceptualiser. Comme le souligne Hasni (2011) sur la démarche scientifique, ces trois moments de la démarche ne doivent pas être traités d'une manière isolée; ils sont non seulement en interaction mutuelle entre eux, mais également en interaction avec des données disponibles, des habiletés de recherche intellectuelles et manuelles, des attitudes et enfin, des savoirs visés.

Comme le soulignent plusieurs chercheurs, la DCT est censée répondre d'abord au besoin identifié. Cela renvoie au premier moment de la formulation d'un problème d'ordre technologique.

Le choix du problème pour des situations de conception est très délicat. Koen (2003) s'inspire du discours de Kennedy (1961) intitulé «*The Man on the Moon*» pour fournir sa perspective d'un excellent problème technologique:

*I believe that this nation should commit itself to achieve the goal, before this decade is out, of landing a man in the moon and returning him safely to the earth. No single space project in this period will be more impressive to mankind, or more important for the long-range exploration of space; and none so different or expensive to accomplish*¹⁸. (dans Koen, 2003, p. 24)

Dans la perspective de Koen (2003), la DCT est une stratégie permettant d'amener le meilleur changement dans une situation mal comprise avec des ressources disponibles. Derrière le projet *Homme sur la Lune* se cachent non seulement le développement d'un objet technologique permettant d'aller sur la Lune, mais aussi l'acquisition de nouvelles connaissances (spatiales) et la conquête de nouveaux droits. Koen (*Ibid.*) choisi ce projet comme exemple pour illustrer un bon problème technologique non pas parce qu'il est facile à

¹⁸ Traduction libre: «Je crois que cette nation devrait s'engager à atteindre l'objectif, avant la fin de cette décennie, d'envoyer un homme sur la Lune et le ramener en toute sécurité sur Terre. Aucun projet spatial dans cette période ne sera plus impressionnant pour l'humanité, ou plus important pour l'exploration à long terme de l'espace, et aucun ne sera aussi difficile ou coûteux à réaliser» (Kennedy, 1961, dans Koen, 2003).

réaliser, mais justement parce qu'il est difficile. Ce problème était complexe, mal compris à l'époque et nécessite l'utilisation judicieuse des ressources disponibles. Il sert à organiser les ressources disponibles et à mobiliser des savoir-faire. Les ressources disponibles renvoient non seulement aux ressources matérielles et financières, mais également aux savoirs et données déjà connus et aux développements technologiques déjà réalisés. Ces données peuvent être recueillies par l'expérimentation, les tests, l'observation, la simulation, la réalisation ou d'autres moyens. L'analyse et l'interprétation de ces données devraient aboutir à un problème technologique bien défini. Dans le contexte spécifique de la conception technologique, les problèmes à proposer aux élèves devraient s'articuler autour des éléments clés suivants: le changement vers le meilleur, l'incertitude (encourager la pensée critique) et les ressources (ressources matérielles, savoirs et développement technologique).

D'autres contraintes à considérer selon Koen (2003) sont non seulement des connaissances scientifiques très approfondies, mais aussi des démarches spécifiques à la technologie. En effet, envoyer un astronaute sur la Lune et le ramener sain et sauf sur Terre nécessite certainement des connaissances scientifiques très approfondies. Cependant, ces connaissances scientifiques ne peuvent pas à elles seules résoudre le problème; d'où, la nécessité d'une DCT bien appropriée au contexte du problème. Notons qu'une DCT appropriée doit permettre: 1) la problématisation ou la transformation d'un besoin à un problème technologique; 2) l'usage des données technologiques et scientifiques; 3) l'articulation entre les savoirs conceptuels et procéduraux pour produire de nouveaux savoirs (sur la solution) ou créer d'autres problèmes et 4) la mobilisation des compétences (habiletés techniques et intellectuelles) pour faire face à des contraintes telles que la sécurité, la limite dans le temps, le budget, les ressources et le développement technologique tout au long de la démarche. Ces caractéristiques sont des attributs fondamentaux que doit satisfaire toute démarche de conception.

1.2.5 *Des considérations au regard de la construction du problème*

Si la situation amorçant toute démarche d'investigation scientifique (DIS) est porteuse d'un problème ou d'une question, celle amorçant toute DCT est porteuse d'un besoin humain. En ce sens, Rak (1992) indique qu'un produit technologique n'a de sens que s'il satisfait le besoin de l'utilisateur. Dans la conjoncture, il est fondamental d'élaborer une

DCT permettant de remonter cette finalité, et ceci le plus en amont possible afin de s'émanciper du maximum de contraintes résultant de technologies, de moyens ou d'options prises a priori.

Pour les problèmes de conception technologique, dans son approche, Jonassen (2000) considère qu'une situation présente un problème si tout d'abord, il existe un écart entre un état actuel et un état désiré. Ensuite, la solution du problème porte une valeur intellectuelle, sociale et culturelle, comme le souligne l'auteur¹⁹:

First, there must be a situation with an unknown which is described as a discrepancy between a current state and a goal state. [...]. Secondly, there must be some social, cultural or intellectual value to finding or solving the unknown. (Ibid., p. 5)

Dans son analyse des problèmes technologiques, Jonassen (1997) distingue trois catégories essentielles: 1) les problèmes de type «casse-tête» (*puzzle problems*); 2) des problèmes «bien définis» (*well-defined* ou *well-structured problems*) et 3) des problèmes «mal définis» ou «mal structurés» (*ill-defined* ou *ill-structured problems*).

Les problèmes de type «casse-tête» sont caractérisés par une seule solution qui peut être atteinte par une procédure qui peut être soit spécifiée, soit due au hasard (*Ibid.*), bien que plusieurs méthodes puissent aboutir au résultat final.

Quoique ce type de problème soit intéressant du point de vue de la recherche, il ne représente pas des situations complexes de la vie réelle et, en tant que tel, n'est donc pas pertinent ni pour l'apprentissage à l'école, ni pour la pratique quotidienne (*Ibid.*)

Les problèmes *well-structured* du point de vue de Jonassen (1997, 2000) sont des problèmes bien structurés ayant un état initial bien connu, un objectif préalablement défini et une méthode de résolution non nécessairement connue de l'apprenant. Ils sont ceux avec lesquels les élèves sont les plus familiers et qui sont faciles à résoudre parce qu'il font appel à un processus de solution précis qui exige l'application de quelques concepts, des règles et des principes d'un domaine donné de connaissances, comme le souligne Franske (2009): «*This is likely because well-defined problems have a definite solution process which requires*

¹⁹ Traduction libre: «Tout d'abord, il doit y avoir une situation avec une inconnue qui est décrite comme une différence entre un état actuel et un état désiré. Deuxièmement, il doit y avoir une certaine valeur sociale, culturelle ou intellectuelle pour résoudre l'inconnue» (Jonassen, 2000, p. 5).

*the application of concepts, rules and principles from a given knowledge domain*²⁰» (p. 6). Cette catégorie de problèmes sert à vérifier la compréhension de concepts de base et de faits, ce qui est souvent le résultat souhaité des devoirs et des examens à l'école (*Ibid.*). Dans cette orientation, le transfert des apprentissages est en jeu, car les élèves appliquent des connaissances, des compétences et des processus acquis dans des situations et des contextes similaires à ceux dans lesquels leur apprentissage a eu lieu. C'est ce que Johnson (1992) a qualifié de *near transfer*. Bien que cette transférabilité soit possible, peu de chercheurs y adhèrent. En effet, selon Jonassen (1997, dans Franske, 2009), «*one common misconception about well-defined problems which Jonassen (1997) wishes to dispatch is the idea that skills learned in solving them will easily transfer to real world, ill-structured problems*» (p. 7).

Quant à la troisième catégorie, problème mal défini, contrairement aux deux premières catégories, elle est souvent liée à un contexte spécifique et à la non-disponibilité d'informations nécessaires pour sa résolution dans l'énoncé du problème (Jonassen, 1997, 2000). Ce qui distingue essentiellement cette catégorie des deux autres, est que plusieurs solutions peuvent exister, mais ni le problème, ni le processus de sa résolution ne sont préalablement expliqués pour l'élève. Plusieurs, voire la plupart des problèmes rencontrés dans la vie quotidienne, sont de cette catégorie (Franske, 2009; Hill et Smith, 1998; Jonassen, 1997). Ce type de problème déstabilise à la fois les apprenants et les enseignants en les plaçant en dehors de leur zone de confort. Sa résolution exige l'application des connaissances de plusieurs domaines (Franske, 2009). C'est la raison pour laquelle plusieurs chercheurs considèrent la DCT comme une plateforme idéale pour faire l'intégration des savoirs en provenance de plusieurs champs disciplinaires.

Par ailleurs, la compréhension du problème est cruciale pour l'implication de l'élève, pour son apprentissage et pour la solution du problème. Selon Orange (2007), la construction du problème de conception technologique du point de vue de l'élève présente plusieurs enjeux qui échappent parfois à l'attention de l'enseignant. En fait, l'élève confond parfois un problème technologique et un problème technique. Ce qui distingue les deux problèmes,

²⁰ Traduction libre : C'est probablement parce que les problèmes bien définis possèdent un processus de solution défini qui requiert l'application de concepts, de règles et de principes provenant d'un domaine de connaissances donné. (Franske, 2009, p. 6)

c'est que le problème technologique se base sur les savoirs conceptuels déjà établis, les savoir-faire et les produits technologiques. En outre, les problèmes technologiques font appel à une démarche de recherche appropriée qui conduit à la production d'une compréhension scientifique du problème d'étude (Hasni, 2011; McCormick, 1997; Ropohl, 1997).

1.3 La DCT et la démarche d'investigation scientifique: points communs et différences

Étant donné que le champ des sciences et le champ des technologies sont intégrés dans le même programme et partagent le même local et le même enseignant, nous estimons qu'il est important de voir comment les enseignants voient les relations possibles entre ces deux enseignements, notamment au niveau de leur démarche propre: la DCT et la démarche d'investigation scientifique (DIS).

Les relations entre les sciences et les technologies ont été étudiées par plusieurs auteurs (Gardner, 1999; Lebeaume, 2006). À cet égard, Lebeaume (*Ibid.*) insiste sur la distinction entre la science et la technologie dans l'enseignement général, car ces deux disciplines ont des enjeux, des difficultés, des natures et des processus d'apprentissage différents.

Lebeaume (*Ibid.*) souligne que l'unification des sciences et technologies conduit à l'invention d'une nouvelle discipline scolaire qui réunit les deux structures. Il s'agit de penser à la fois les tâches scolaires, leurs références, leurs visées et la cohérence de l'ensemble. L'enseignement de cette nouvelle discipline suppose, d'une part, les laboratoires pour les sciences, et de l'autre, la conception d'objets, l'invention et la production des maquettes pour la technologie. L'enjeu dans cette unification est la formation des enseignants.

Des distinctions épistémologiques entre la science et la technologie ont été étudiées par plusieurs auteurs (Bybee, 2012, Ropohl, 1997). À cet égard, Bybee (2012) développe un cadre conceptuel pour les pratiques d'enseignement dans le cadre de l'enseignement des sciences et des technologies au secondaire. Selon ce chercheur, si les élèves développent les pratiques de science et de technologie, ils peuvent non seulement poser de meilleures questions, mais aussi améliorer la façon dont ils définissent les problèmes. Les élèves

doivent également apprendre à différencier les questions scientifiques des problèmes technologiques ainsi que leurs finalités et leurs processus.

La DCT et la DIS ont plusieurs points en commun tels que l'utilisation des connaissances et d'outils mathématiques, la planification, l'analyse et l'interprétation des données, l'utilisation des outils et instruments appropriés, etc. À propos de leur finalité, Bybee (2012) souligne que

With the exception of their goals - science proposes questions about the natural world and proposes answers in the form of evidence-based explanations, and engineering identifies problems of human needs and aspirations and proposes solutions in the form of new products and processes—science and engineering practices are parallel and complementary²¹ (p. 6).

Pourtant, les deux démarches ont également des différences. La DIS a comme particularité de s'interroger, d'utiliser des modèles, de se dérouler dans un laboratoire, de permettre la compréhension des phénomènes naturels et de permettre l'élaboration des théories. La DCT se caractérise par la définition d'un problème, faire des simulations et construire un objet qui répond à un besoin pour la DCT (*Ibid.*). Bien que les deux démarches soient différentes, elles sont complémentaires, comme le soutient Bybee (*Ibid.*) dans l'extrait ci-dessus. Ces points de vue sont partagés également par Leonard et Derry (2011) qui soulignent qu'il est important d'établir une distinction claire entre la DCT et la DIS pour les élèves lorsque les sciences et les technologies sont intégrées dans une même discipline. Ces auteurs mettent l'accent sur les trois distinctions suivantes: 1) les objectifs; 2) les pratiques et 3) les savoirs, ainsi que des normes différentes pour accepter des affirmations.

Pour ce qui est des objectifs, la DCT cherche à répondre à un besoin humain. Elle vise l'optimisation de la fonction des objets ou des systèmes technologiques, alors que la DIS vise la compréhension d'un phénomène naturel. Derrière ces différences viennent diverses croyances et théories sur la nature, les limites des savoirs et leurs acquisitions.

²¹ Traduction libre: «À l'égard de leurs objectifs, science propose des questions sur le monde naturel et avance des réponses sous forme d'explications fondées sur des preuves, et la technologie identifie les problèmes, des besoins et des aspirations humaines et propose des solutions sous la forme de nouveaux produits et processus – les pratiques scientifiques et technologiques sont parallèles et complémentaires» (Bybee, 2012, p. 6).

En termes de pratiques, les technologues se livrent à la modélisation et à l'expérimentation du même type utilisé dans la DIS, mais avec des qualités et des fins différentes. Les modèles en science expliquent les phénomènes naturels, alors que les modèles en technologie expliquent la solution optimale par rapport au besoin. En termes de connaissances, des principes scientifiques et les connaissances technologiques sont nécessaires et importants. Les savoirs technologiques sont décrits comme une forme intermédiaire de connaissances entre les savoirs scientifiques abstraits et des savoirs spécifiques des objets technologiques.

En ce qui concerne les caractéristiques des savoirs des deux démarches, Ropohl (1997) souligne que la DIS produit des théories, alors que la DCT génère des règles technologiques, soit en transformant des connaissances scientifiques soit par l'expérience, et ensuite les intègre aux expériences pratiques.

En ce qui concerne les critères de qualité et de la validation pour la DIS, la cohérence théorique et l'approbation par la communauté scientifique sont importantes, tandis que pour la DCT, la qualité et l'efficacité signifient le succès pratique d'une solution technologique. Ainsi, la DCT est pragmatique au sens large du terme.

2. LES VISÉES DE L'ET: LE POURQUOI

2.1 Les différentes perspectives de l'ET

Une recherche documentaire réalisée par Dakers (2006) montre l'existence de deux philosophies opposées qui peuvent servir de cadre pour l'éducation technologique. Ces deux pôles philosophiques sont tous deux inspirés des écrits du mathématicien et philosophe Blaise Pascal, publiés en 1864 dans son livre *De l'esprit géométrique: de l'art de persuader*. La première philosophie prône une formation en technologie fondée sur le monde technique, le monde empirique et les règles du besoin industriel. La deuxième philosophie, l'antithèse, met l'accent sur des expériences d'apprentissage et le développement des citoyens (*Ibid.*). Ces débats ont été poursuivis, au début du XX^e siècle, par de grandes figures de la philosophie moderne de l'éducation, comme Charles Prosser et John Dewey. Prosser (1925), considéré comme essentialiste, soutient l'éducation des techniques et des carrières, ancêtre

de l'ET, comme cela a été décrit dans la loi Smith-Hughes²² (Wonacott, 2003). Ce philosophe croit que l'objectif principal de cet enseignement technique est de fournir aux individus, spécialement formés, des outils pour répondre aux besoins de la main-d'œuvre des entreprises et de l'industrie. Cet objectif est associé à la visée de constituer les attitudes et les compétences nécessaires à la modernisation des productions et des services en termes des initiatives, de la créativité, de la maîtrise des gestes et des langages techniques fondamentaux. Dans cette perspective, plusieurs chercheurs américains soulignent que les habiletés manuelles et l'utilisation des machines-outils semblent dominer les curriculums de l'éducation technologique du siècle passé comme l'énonce Lyle (2009): «*this curriculum promoted the knowledge and skills needed to pursue industrial careers*»²³ (p. 14). En France, les missions des programmes de l'enseignement technique étaient centrées, avant 1985, soit sur la formation des ouvriers, des techniciens et d'une élite technicienne, soit sur l'évaluation de la qualification des techniciens (Hamon et Lebeaume, 2013). Or, depuis 1985, la mission principale de l'éducation technologique est devenue la poursuite des études supérieures (*Ibid.*).

Cependant, Dewey (1947), philosophe pragmatique, fait valoir que l'éducation des techniques et des carrières devrait se centrer davantage sur les besoins individuels et sociaux plutôt que sur les besoins du marché (*Ibid.*). Les différences individuelles et les habiletés de la résolution de problèmes sont, selon Dewey (*Ibid.*), essentielles pour cette éducation.

En outre, selon Dakers (2006), Rousseau (s.d.) a examiné, au milieu des années 1700, les finalités des études professionnelles et techniques et il a conclu que l'objectif général de l'éducation de l'époque est soit de former un Homme, soit de former un citoyen. Rousseau confirme que la poursuite simultanée des deux objectifs dans l'éducation de cette époque n'était pas possible. Dakers (2006) retrace cette logique encore plus loin dans l'Histoire en repassant par la Grèce antique, les travaux de Descartes et la naissance du positivisme qui

²² *The Smith-Hughes Act provided for a Federal Board for Vocational Education and separate state boards. Each state was required to submit a state plan for federal vocational education funding and to agree that (1) the federally aided program of vocational education would be under public supervision and control, (2) the controlling purpose would be to fit students for useful employment, (3) vocational education would be of less than college grade and designed to meet the needs of persons over 14 years of age who had entered or who were preparing to enter the occupation for which they were receiving training.* (Wonacott, 2003, p. 7)

²³ Traduction libre: «ce programme promeut les connaissances et les compétences nécessaires pour poursuivre une carrière industrielle» (Lyle, 2009, p. 14)

sépare définitivement l'esprit du corps et la main de la tête, une idée qui est encore très répandue chez plusieurs aujourd'hui.

D'une manière générale, à cette logique qui a pour objectif le développement personnel sont associées plusieurs visées: la réalisation collective, la maîtrise des solutions technologiques, la débrouillardise en sécurité dans les activités domestiques utilitaires ou de loisir, la compréhension des métiers et de leurs activités dans une logique d'orientation professionnelle et la préparation à l'exercice des droits et des devoirs de citoyen dans les débats qui font appel à l'expertise technologique (Martinand, 1995).

Mais que peut gagner l'ET dans ces débats philosophiques qui s'opposent?

Selon de Vries (2005), ces débats peuvent apporter au moins quatre avantages aux éducateurs de la technologie: 1) ils peuvent être une source d'inspiration pour la détermination du contenu curriculaire; 2) ils peuvent fournir des indices sur la façon d'élaborer des situations d'enseignement et d'apprentissage; 3) ils peuvent fournir une base conceptuelle et une bonne compréhension de la technologie qui peut aider les enseignants à répondre aux situations imprévues pendant leur enseignement et 4) ils peuvent aider non seulement à situer l'ET parmi d'autres disciplines scolaires, mais aussi à identifier les besoins de la recherche dans ce domaine.

2.2 Les finalités et le rationnel du choix des contenus

Dans les circonstances de la transition des études techniques vers l'ET, il est important d'explorer les questions fondamentales telles que: qu'est-ce que les futurs citoyens ont besoin de savoir, de faire et d'évaluer dans la cadre de la technologie?

Lorsqu'on considère les justifications du choix du point de vue des finalités visées par les contenus curriculaire de l'ET véhiculées par des écrits scientifiques, trois orientations peuvent se dégager. La première orientation part du postulat psychologique. Dans cette logique, les savoir-faire (habiletés manuelles, résolution de problèmes, stratégies, etc.) sont compatibles avec la visée de cette discipline. Ainsi, pendant la transition des arts industriels vers l'ET, les éducateurs ont cherché à garder quelques contenus pertinents de l'ancienne discipline pour servir, d'une certaine façon, de base pour le curriculum de l'ET (Lyle, 2009).

Il s'est avéré que «*the use of tools and machinery was perceived to be one of the most important strategies of former industrial arts programs*»²⁴ (*Ibid.*, p. 29). Par conséquent, les éducateurs souhaiteraient garder ce contenu pour développer le nouveau curriculum. Luna (1998) soutient que l'inclusion des outils et des machines est impérative; les élèves ont besoin des mêmes compétences pour résoudre des problèmes technologiques dans leur vie d'adulte.

S'inscrivant dans la même perspective, Edward (2002) souligne que l'omission de développement des compétences manuelles dans les écoles du secondaire peut limiter l'engagement actif de l'élève dans son processus d'apprentissage.

Par ailleurs, Starkweather (1997) soutient que l'équipement utilisé, qu'il soit un outil simple ou de haute technologie, devrait remettre en question la capacité de pensée de l'élève. Il est très fréquent que les écoles fournissent des équipements de haute technologie conçus pour entraîner les élèves uniquement dans quelques étapes techniques bien contrôlées au lieu de leur apprendre à utiliser pleinement les processus de pensée pour résoudre les problèmes technologiques présentés (*Ibid.*).

Starkweather (*Ibid.*) et Roman (2001) stipulent, qui plus est, que les problèmes technologiques ouverts combinés aux équipements technologiques fournissent aux apprenants une gamme plus étendue d'options pour développer les compétences de résolution de problèmes en lien avec la vie réelle.

Pour d'autres auteurs, l'ET est une plateforme non seulement pour soutenir l'apprentissage des savoirs de plusieurs disciplines, mais aussi pour développer l'approche multidisciplinaire (Roman, 2001). Dans cette perspective interdisciplinaire, les savoirs se présentent, chez l'enfant, comme un tout (*as a whole*) (dans Bousadra et Hasni, 2008). Selon Roman (*Ibid.*), dans cette considération holistique, l'ET est la discipline qui permet le mieux aux apprenants de développer une approche de résolution de problème multidimensionnelle. Cette dernière prépare les élèves à affronter les problèmes de la vie réelle, car l'intégration des différentes matières scolaires dans le programme de l'ET peut avoir un grand impact sur l'apprentissage des élèves. En outre, dans les applications de la vie réelle, il est impossible de

²⁴ Traduction libre: «L'utilisation d'outils et de machineries était perçue comme étant l'une des stratégies les plus importantes des anciens programmes d'arts industriels» (Lyle, 2009, p. 29)

séparer les différentes composantes dans la résolution d'un problème technologique (Havice et Simmons, 1998).

Dans le même sens, Conte et Weber (1999) soutiennent qu'une ET axée sur la conception fournit un champ pour enseigner les mathématiques, la science et la technologie dans une même discipline. Ils soutiennent que les activités de conception technologique présentent non seulement un niveau élevé de motivation pour les élèves, mais aussi leur fournissent des occasions authentiques pour appliquer des lois mathématiques et des principes scientifiques.

La deuxième orientation aborde les finalités des contenus du point de vue sociologique. Ainsi, Wicklein (2005) met l'accent sur la composante de la valeur et de la culture d'une société. Il soutient que les concepts technologiques appropriés doivent soutenir des habiletés humaines pour comprendre, utiliser et soutenir les systèmes technologiques pour le bien-être de l'humanité. En outre, l'intégration des valeurs dans l'ET contribuera à maintenir l'harmonie entre la culture et l'environnement.

Les valeurs en ET ont été également étudiées par plusieurs autres chercheurs. En effet, Layton (1995) identifie différents types de valeurs que les élèves doivent apprendre et être en mesure d'utiliser pour porter des jugements. Ces valeurs sont d'ordre technique, économique et moral. L'auteur confirme que *«If some views on values and technology appear to you as the only possible ones, take this as a sign that you have neither understood the relationship of values and technology, nor the reason why an understanding of this is important »*²⁵ (p. 1).

Pour sa part, Prime (1993) suggère que l'ET devrait considérer un enseignement-apprentissage des valeurs, car chaque nouvel objet technologique soulève des questions d'éthique et de valeurs.

La troisième orientation considère les finalités du point de vue épistémologique. Dans cette perspective les contenus curriculaires sont choisis tant selon une fonction de sens que d'action utilitaire. À titre d'exemple, les normes de l'ITEA, citée ci-dessus,

²⁵ Traduction libre: «Si certains points de vue sur les valeurs et la technologie vous semblent être les seules possibilités, voyez-y un signe que vous n'avez compris ni la relation entre les valeurs et la technologie, ni la raison pour laquelle une telle compréhension est importante» (Layton, 1995, p. 1)

dépassent la dimension sociologique pour mettre en évidence la compréhension du sens: «*Technological literacy is the ability to use, manage, assess, and understand technology*»²⁶ (ITEA, 2007, p. 9).

Quant aux finalités sous-jacentes à l'apprentissage, de Vries (2005) souligne que les gens peuvent apprendre la technologie parce qu'ils ont besoin des connaissances et des compétences spécifiques pour être en mesure de fonctionner dans un environnement où la technologie joue un rôle primordial. Un autre objectif est le désir des individus d'acquérir une perception équilibrée de la technologie (*Ibid.*). Développer une perception adéquate de la technologie peut être important non seulement pour les futurs ingénieurs, mais aussi pour d'autres qui seront constamment confrontés à la technologie dans leur vie de tous les jours. Quoiqu'il en soit, une bonne compréhension de la technologie peut éclairer les citoyens pour qu'ils soient en mesure de prendre de bonnes décisions au sujet de la technologie (*Ibid.*).

De son côté, Fourez (1994) synthétise les finalités de l'éducation scientifique et technologique ainsi que leur impact souhaitable sur l'élève. Pour cet auteur, un élève est considéré comme étant éduqué sur le plan technologique lorsque ses connaissances lui procurent une certaine autonomie dans la prise de décision face aux contraintes et limitations naturelles ou sociales, une certaine capacité de communiquer et une certaine maîtrise quant aux situations concrètes. Cela dit, il faut considérer d'autres aspects que ceux traditionnels dans cette éducation.

Pour Martinand (1995), le premier rôle de l'ET «c'est de permettre de compléter la familiarisation pratique commune avec des objets, des procédés, des tâches, des rôles sociotechniques, à l'école et hors l'école. Réalisation ou investigation permettent cette familiarisation» (p. 350). Le deuxième rôle de cette éducation c'est qu'elle doit favoriser l'élaboration intellectuelle (concepts, schémas, modèles, normes) qui organise la pensée technologique consciente de ses démarches. L'équilibre et la cohérence de ces deux registres sont fondamentaux pour la discipline et «tout déséquilibre tend à favoriser, soit le formalisme soit l'empirisme utilitaire et émiété» (*Ibid.*, p. 350).

D'une manière générale, les positions qui se dégagent des écrits scientifiques portant

²⁶ Traduction libre: «La culture technologique est la capacité d'utiliser, de gérer, d'évaluer et de comprendre la technologie» (ITEA, 2007, p. 9).

sur l'éducation technologique défendent l'idée que cet enseignement doit permettre aux élèves de s'approprier des apprentissages afin de répondre à des questions technologiques dans leur vie de tous les jours et de développer des attitudes et des modes de pensée s'apparentant à celles que les scientifiques et technologues mettent en œuvre dans leur pratique (Bousadra, 2014; Hasni, 2005).

Notons que selon l'*International Technology Education Association* (ITEA) (2007), une personne est considérée étant éduquée technologiquement lorsqu'elle comprend, par des manières qui évoluent au fil du temps, ce qu'est la technologie, comment elle a été créée, comment elle façonne la société et comment elle est façonnée par la société. La personne éduquée technologiquement sera également capable, lorsqu'elle reçoit des informations sur la technologie, d'en faire non seulement une évaluation critique, mais aussi de les placer dans leur contexte pour former une opinion. Elle sera à l'aise avec l'objectif de la technologie, mais ne sera ni obsédée, ni effrayée par elle (*Ibid.*). En effet,

A technologically literate person understands, in increasingly sophisticated ways that evolve over time, what technology is, how it is created, and how it shapes society, and in turn is shaped by society. He or she will be able to hear a story about technology on television or read it in the newspaper and evaluate the information in the story intelligently, put that information in context, and form an opinion based on that information. A technologically literate person will be comfortable with and objective about technology, neither scared of it nor infatuated with it. (Ibid., p. 9)

2.3 Les fonctions de la DCT

L'une des caractéristiques fondamentales de l'activité technologique en général, voire de la DCT, est de développer des savoirs conceptuels et des savoirs procéduraux qui permettent de représenter, d'analyser ou d'interpréter des situations pratiques et empiriques qui constituent son champ de validité. Ces savoirs et le processus à l'origine de leur élaboration sont interreliés dans le cadre des réalisations et des démarches technologiques.

Rappelons que plusieurs chercheurs et organismes considèrent la DCT comme une composante fondamentale pour l'enseignement de la technologie (ITEA, 2007).

En ce sens, Barlex (2011) justifie l'inclusion de la DCT dans le programme de la technologie au moyen des quatre considérations suivantes: 1) la signification culturelle; 2) l'efficacité; 3) la contribution au développement économique et le choix de carrières et 4) la contribution à l'engagement aux défis mondiaux.

En ce qui concerne la signification culturelle, Barlex (*Ibid.*) stipule que la DCT est la seule composante du programme national actuel (en Angleterre) qui représente l'activité offrant aux apprenants l'expérience de mettre la main dans l'action. Cette justification considère la DCT comme un ensemble de séquences de choix sociaux dans un cadre de possibilités technologiques; elle crée un espace pour discuter des relations et des valeurs culturelles qui font partie des décisions à prendre dans une activité de conception. Dans une telle perspective pédagogique, la boîte noire du «monde réel de la technologie» est ouverte, permettant ainsi aux apprenants, à la fois l'action et la réflexion (Hansen, 1997).

La deuxième justification concerne l'efficacité. Selon Barlex (2011), la conception technologique est unique dans les programmes scolaires, car elle expose les élèves aux défis d'ordre pratique auxquels il n'existe pas une réponse unique et qui exigent de la créativité et des compétences techniques. Comme le souligne Bandura (1997), cela aide les apprenants à développer leur estime de soi et leur autoefficacité. Donc, cette perspective est une approche qui considère le monde comme un lieu d'opportunité où les gens ne sont pas à la merci de leur environnement. Ce point de vue rejoint celui des missions de l'éducation technologique développée par Martinand (2000). Il est bien établi, dans cette logique, qu'une perception positive de l'autoefficacité est une condition préalable pour réussir une carrière dans les secteurs technologiques hautement compétitifs, quel que soit le secteur (*Ibid.*). Cette justification considère la DCT dans une dimension psychologique.

La troisième justification concerne la contribution de la conception technologique à la reprise économique. La conception et la fabrication de produits technologiques pour les marchés mondiaux sont considérées politiquement comme des éléments majeurs vers la reprise économique (Barlex, 2011). En outre, la conception technologique fournit aux apprenants une introduction à la conception et à la fabrication modernes. Elle donne également aux jeunes le goût authentique de poursuivre une carrière technologique. Priver

les jeunes de cette expérience les rend moins prédisposés à entrer dans ces carrières (*Ibid.*). Cette justification considère la DCT dans ses dimensions psychologique et sociologique.

La quatrième justification concerne la contribution de la conception technologique à l'engagement dans les défis mondiaux (les changements climatiques, l'épuisement des ressources, la répartition des ressources, la santé et le bien-être, le clonage, les réserves d'énergie, le transport et la disponibilité de l'information). Il est généralement admis que la DCT propose des solutions qui créent à leur tour des problèmes qui nécessitent encore plus de technologies pour les résoudre (Arthur 2009, Kelley 2008). Elle rejoint la finalité de Fourez (1994) qui stipule que l'acquisition des connaissances technologiques procure à l'élève une certaine autonomie dans la prise de décision face aux contraintes technologiques. Cette considération inscrit la DCT dans des dimensions sociale et épistémologique.

Maints auteurs soutiennent que dans tous les cas de conception technologique, les élèves doivent travailler en collaboration pour concevoir des produits (Kelley, 2008; Martinand, 2003). Cette perspective relie les relations sociales et l'apprentissage de la technologie. En outre, les produits de leur conception doivent être tangibles.

Plus encore, Zeiler, Savanovic et Quanjel (2007) soutiennent que, quelle que soit l'approche de la DCT adoptée, elle devrait au moins être inquisitrice (viser l'acquisition de nouvelles connaissances); informative (être réalisée à partir d'une prise de conscience d'une précédente recherche connexe); méthodique (être planifiée et réalisée dans une discipline d'étude); et, communicable (produire et communiquer des résultats vérifiables et transférables à d'autres projets). Ces auteurs s'inscrivent dans les travaux qui considèrent la DCT comme une plateforme pour faciliter l'accessibilité aux connaissances disciplinaires (Kelley, 2008), ce qui place la DCT dans sa dimension sociologique.

Pour Dakers et Dow (2009), lorsque la DCT s'intéresse à l'impact de la technologie sur la vie en traitant les artefacts dans un sens fonctionnel, elle touche aussi à des problèmes éthiques, politiques, moraux, émotionnels qui impliquent des valeurs. Ces problèmes conceptuels ont une dimension sociohistorique et culturelle. Les auteurs distinguent l'acquisition de différents types de savoirs technologiques ainsi:

Contrairement aux connaissances procédurales et déclaratives dont la

raison d'être est l'apprentissage de compétences, de procédures et de savoirs factuels préexistants, les connaissances conceptuelles s'intéressent davantage au développement des capacités critiques en rapport au développement technologique. Le développement de ces capacités critiques se fait plus facilement dans un cadre social. Ces questions relatives à l'éthique, à la politique et aux valeurs sont, par leur nature même, des constructions sociales. (*Ibid.*, p. 15)

D'une manière générale, la plupart des auteurs notent que l'acquisition de la DCT ne se limite pas à la mémorisation de l'ensemble des savoir-faire et des étapes d'un processus, mais établit également des liens, des prédictions, le transfert et l'application des connaissances dans des situations nouvelles ou inhabituelles.

La DCT est censée répondre généralement à un problème découlant d'un besoin humain (l'utile). D'une façon générale, la DCT s'articule autour de la formulation adéquate d'un problème d'ordre technologique en s'appuyant sur les savoirs déjà connus et les ressources disponibles.

Dans le même sens, Daugherty (2012) soutient que la mise en œuvre d'une DCT bien adaptée à l'acquisition des connaissances peut aider les élèves à comprendre la complexité des systèmes technologiques axés sur des fonctions spécifiques et des contraintes précises. Les exigences fonctionnelles et l'itération dans le processus de conception offrent la possibilité aux apprenants de s'approprier les concepts technologiques et de leur donner un sens. Ainsi, ils parviendront à proposer des solutions aux problèmes complexes de la vie réelle. Ces concepts sont souvent construits par le biais de la conception, la fabrication, les tests et l'amélioration du prototype. Cet auteur confère une importance à la fonction de sens et à la compréhension du monde technologique, en se s'inscrivant ainsi dans les travaux influencés par le point de vue épistémologique développé par Fourez (2002) et Lenoir et Klein (2010).

La complexité et la multiréférentialité de toute situation de conception conduisent automatiquement à la nécessité de la décoder. Pour réussir son décodage et son analyse, le concepteur est amené à faire des choix en sélectionnant certains aspects du problème et en mettant d'autres de côté, en ce sens que le concepteur ne conserve que les données et les relations qui l'intéressent en fonction de sa conception (Fourez, 2002).

Le résultat attendu de l'activité de recueil et d'analyse des données est d'obtenir une définition concise et cohérente du problème. C'est ce que Hasni (2011) appelle la production d'une compréhension scientifique du problème d'étude. À la base de cette définition, les concepteurs, dans notre cas les élèves, devraient reconstruire une nouvelle compréhension qui reflète mieux le problème réel et développer ensuite un ensemble de critères de réussite à la fois qualitatifs et quantitatifs pour évaluer la solution finale (Kelley, 2008).

Quoique l'acquisition des savoirs conceptuels et des savoir-faire soit importante, l'élève doit apprendre à les transférer d'un contexte à un autre (Johnson, 1992). Ainsi, l'éducation technologique doit viser, entre autres, le transfert des savoirs et des compétences acquis. En d'autres mots, l'éducation technologique doit discuter des enjeux de manière à ce que, une fois que l'élève aura acquis de nouveaux savoirs et compétences, il sera en mesure de transférer ce qu'il a appris dans d'autres disciplines, dans sa vie quotidienne, ou dans son futur travail (*Ibid.*).

Pour leur part, Perkins et Salomon (1992) soutiennent que même si les élèves apprennent les connaissances et les compétences qui sont transférables, ils n'apprennent pas comment reconnaître le moment opportun pour effectuer le transfert. Selon ces auteurs, le transfert dépend de la profondeur de l'apprentissage.

Dans l'esprit des travaux de Hutchinson (2002), les chercheurs Kelley (2008) et de Vries (2005) soulignent que les activités de conception technologique doivent permettre à l'élève de développer une pensée d'ordre supérieur, d'approfondir des connaissances, de rester connecté au monde, de construire le sens, de comprendre la complexité et d'exiger la communication profonde et la collaboration entre les élèves. Cette justification place la DCT dans sa dimension épistémologique rejoignant ainsi les positions de plusieurs autres auteurs (Fourez, 2002; Hasni *et al.*, 2012; Klein, 1990; Lenoir et Klein, 2010).

Bref, les préoccupations majeures des éducateurs technologues, dans la cadre de la DCT, sont d'aider les jeunes à développer la familiarisation pratique, à rationaliser les démarches technologiques, à acquérir de nouvelles connaissances, à effectuer la construction du sens, à établir des liens entre les différents savoirs, à faire des prédictions et à renforcer le transfert des apprentissages.

2.4 Les dérives possibles

a) Dérives du contenu curriculaire

Selon de Vries (2005), deux types de curriculums peuvent engendrer des confusions chez les apprenants. Le premier est celui centré sur les processus de fabrication sans conception, et qui suppose que cette dernière n'est pas nécessaire. De tels programmes ne rendent pas accessible à l'élève le processus créatif de la DCT. Cette conception curriculaire n'offre pas à l'apprenant l'occasion de reconnaître l'importance de ce processus en technologie (*Ibid.*): «*Learners in such a curriculum never get to see the creative process of solving design problems and therefore will not learn to recognize the importance of the design process in technology*»²⁷ (*Ibid*, p. 16).

Le deuxième type est celui axé sur le processus de conception sans rendre explicite le rôle des connaissances technologiques dans la résolution de problèmes de conception. Dans une telle perspective, la technologie présentée aux élèves met l'accent sur des compétences minimales sans accorder d'importance aux connaissances disciplinaires.

Du côté des pratiques, plusieurs auteurs montrent que la plupart des enseignants de l'ET ont une formation de base en science, ce qui a fait que dans leur pratique de classe, l'ET glisse facilement vers l'enseignement des sciences appliquées (Lebeaume, 2011, Martinand, 1995). En effet, certains scientifiques privilégient les problèmes d'instrumentation, les applications des connaissances scientifiques et les technosciences (domaine où la confusion des explorations scientifiques et des réalisations technologiques est forte). Dans cette dernière option, les enseignants ont tendance à méconnaître les spécificités technologiques.

b) Dérives de la DCT

L'une des dérives possibles pour l'enseignement de la DCT est que certains courants de pensée la présentent comme compétence universelle transférable (Savage et Sterry, 1990).

En fait, dans cette logique, lorsque les problèmes technologiques non familiers sont à l'étude, certains enseignants abordent la DCT comme procédure universelle transférable à

²⁷ Traduction libre: «Les apprenants, dans un tel programme, ne parviennent jamais à voir le processus créatif de résolution de problèmes de conception et par conséquent n'apprendront pas à reconnaître l'importance de la démarche de conception dans la technologie» (de Vries, 2005, p. 16).

toutes les situations de conception. La plupart des chercheurs qui soutiennent l'universalité de la DCT évoquent souvent la décomposition en éléments simples: «*if you cannot solve a problem, try breaking it down into smaller problems that you can solve*»²⁸ (McCormick, 1997, p. 146). À première vue, le fait de proposer la décomposition d'un problème en sous-problèmes élémentaires (éléments simples) semble faciliter la compréhension de la DCT. Or, la recherche scientifique montre que ces idées heuristiques sont beaucoup plus complexes que ce qui avait été attendu (Schoenfeld, 1985). Cela signifie que l'ET ne doit pas viser seulement les savoir-faire d'ordre inférieur enseignable et transférable, mais aussi le développement des stratégies, des savoirs conceptuels et des idées heuristiques.

L'enseignement des stratégies (savoir-faire d'ordre supérieur) permet d'éviter le traitement rituel de la DCT. Il est évident que l'enseignement de ce processus est une activité complexe. Cependant, pour rendre accessible son apprentissage, l'enseignant doit montrer aux élèves la diversité de la conception en termes de contextes et de domaines (textiles, alimentaires, électroniques, mécaniques) et leur présenter une variété d'approches en lien avec les contraintes du problème. Il est également nécessaire d'explicitier les niveaux spécifiques et stratégiques de la démarche (McCormick, 1997).

Au niveau spécifique de la DCT, il est nécessaire d'enseigner aux élèves les compétences de base de la conception, telles que la génération ou l'évaluation d'idées avec toute une gamme de techniques pour chaque ensemble de compétences. Par exemple, la plupart des enseignants pensent que les élèves peuvent générer des idées, mais ils ne leur enseignent jamais le *brainstorming* (*Ibid.*).

²⁸ Traduction libre: «si vous ne pouvez pas résoudre un problème, essayez de le décomposer en petits problèmes que vous pouvez résoudre» (McCormick, 1997, p. 146).

3. LA SYNTHÈSE

En résumé, rappelons que la DCT est considérée comme un savoir-faire d'ordre supérieur. Elle permet une articulation entre les savoir-faire d'ordre inférieur et les savoirs conceptuels. Nous avons également retenu que pour la plupart des auteurs, la DCT comporte trois moments ou trois étapes clés: la compréhension et la formulation du problème technologique, la conception d'une solution et l'optimisation et l'évaluation de la DCT. Ces étapes ne sont pas isolées les unes des autres, elles sont cycliques. Les visées principales sont l'élaboration des savoirs conceptuels, le développement des habiletés techniques et des stratégies, et le transfert des connaissances d'une situation à l'autre (à l'école ou dans la vie de tous les jours).

La figure 6 met en évidence les trois moments clés de la DCT. Dans le premier moment, le concepteur doit étudier le besoin, analyser les ressources disponibles (savoirs, informations, techniques, outils technologiques, ressources matérielles et financières, le temps, le marché, solutions existantes, etc.).

Le recueil des données et leurs analyses permettent de formuler une compréhension scientifique et cohérente du problème technologique à résoudre et l'établissement d'un cahier des charges bien défini.

Dans le deuxième moment, planifier une démarche et concevoir une solution, le concepteur spécifie une solution en élaborant une analyse et une abstraction du problème, en développant les principes du travail et en mettant à l'épreuve la solution choisie.

Dans le troisième moment, optimiser la solution et formuler les énoncés technologiques, le concepteur réalise des tests, recueille les données expérimentales, et il les analyse et les optimise par rapport au cahier des charges. Enfin, il formule des énoncés technologiques et communique ses résultats.

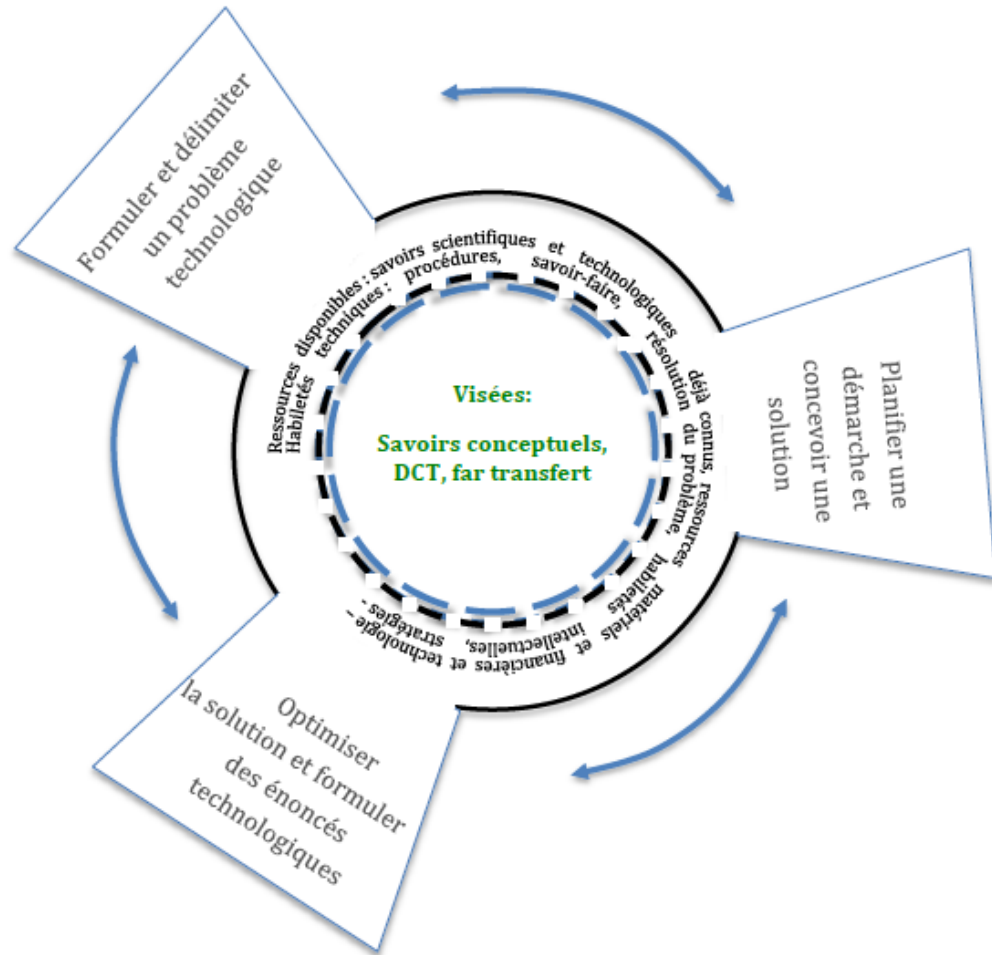


Figure 6 – Caractéristiques de la DCT

Comme le montre la figure 6, ces moments ne sont pas traités ni d'une manière séquentielle, ni isolée. Ils sont traités itérativement (double flèche entre les moments) en se basant sur les savoirs et les techniques déjà connus (base des trois moments dans le schéma 6, dans la visée (axe de rotation ouvert sur la base des trois moments) de développer des nouveaux savoirs, créer d'autres problèmes, acquérir la DCT et développer les stratégies de transfert des savoirs d'une situation à une autre.

Quant aux problèmes de conception, les trois catégories ci-dessous sont possibles:

1) Les problèmes de type «casse-tête» qui privilégient soit le tâtonnement, l'essai-erreur et le hasard, soit une démarche fournie par l'enseignant pour aboutir à un produit final identique pour tous.

2) Les problèmes «bien structurés» sont ceux qui privilégient l'application des concepts scientifiques ou technologiques de base et des techniques développées dans des situations similaires à la situation d'apprentissage dans laquelle ils sont acquis. Dans ce type de problème, les élèves établissent des liens entre des apprentissages récemment appris dans la même discipline (*near transfer*).

Les problèmes «mal structurés» sont ceux qui nécessitent une planification et des stratégies pour faire des liens entre les apprentissages à l'école et la vie réelle, la contextualisation. Les situations d'apprentissage ne sont pas similaires aux situations problèmes de conception (situations inhabituelles). Il est scientifiquement admis que ce type de problème comporte la possibilité de susciter l'intérêt et l'engagement des élèves (*far transfer*).

En termes de finalités, bien qu'elles varient selon les orientations des auteurs, nous rappelons les dimensions essentielles qui se dégagent de ces orientations: le développement personnel (culture technologique, réalisation collective, maîtrise des solutions technologiques, sécurité au travail, approche des métiers, préparation aux débats, etc.) et le développement économique (développement des compétences nécessaires au marché du travail, attitudes et comportements, qualité, etc.), la dimension sociale (interaction et collaboration, spécialisation, accessibilité aux connaissances, participation à des actions utiles à l'école, exercice des droits et devoirs de citoyen, etc.), la dimension psychopédagogique (motivation et engagement des élèves, s'opposer à l'échec scolaire, différenciation pédagogique, etc.) et la dimension épistémologique (comprendre les problèmes technologiques complexes et leurs impacts sur la société, donner du sens aux concepts et aux objets technologiques, résolution efficace des problèmes technologiques, favoriser l'élaboration intellectuelle, etc.).

Du point de vue des fondements des approches d'enseignement, deux d'entre eux sont plus répandues en éducation: les méthodes transmissives et les méthodes constructivistes. Ces deux approches sont utiles pour notre analyse des pratiques afin de distinguer les méthodes d'enseignement auxquelles les enseignants font appel dans le cadre de l'enseignement de la DCT.

4. LES APPROCHES PÉDAGOGIQUES D'ENSEIGNEMENT

Comme le soulignent Hasni, Roy, Franc et Dumais (2011), l'un des aspects didactiques importants auxquels renvoie la question du comment (enseigner) est celui des démarches et des approches d'enseignement, dans leur relation avec l'appropriation des savoirs disciplinaires (conceptuels et méthodologiques).

Bien qu'il existe une multitude d'approches d'enseignement de la DCT, il est important de distinguer celles qui s'inscrivent dans une logique de transmission de celles qui s'appuient sur des fondements socioconstructivistes.

4.1 Les approches transmissives

Les démarches qui s'inscrivent dans la logique de transmission sont axées sur le rôle de l'enseignant, l'utilisation des manuels scolaires ou de tout autre élément ou acteur externe dans la présentation des concepts technologiques. De plus, les auteurs ajoutent qu'en tant que détenteur du savoir, cet agent le transmet aux apprenants selon des modalités diverses: explication, présentation de définitions, lecture de compréhension dans les manuels, lecture des documents fournis par l'enseignant, consultation des dictionnaires et des glossaires, etc. Il s'agit, comme le souligne Ginestié (2002), «d'explicitier dans la tâche scolaire les actions à réaliser, l'ordre dans lequel il faut les réaliser et la manière de les réaliser» (p. 4). L'élève a comme principal rôle de bien recevoir l'information, de la mémoriser et ensuite de l'appliquer. Au mieux, il pourrait être amené, dans le cadre d'une activité de conception par exemple, à appliquer ce savoir à d'autres situations similaires de manière à vérifier sa compréhension. Cela renvoie à ce que plusieurs auteurs qualifient de *near transfer* (Johnson, 1992).

Pour caractériser les enseignants qui s'inscrivent dans cette logique transmissive, Staples (2003) identifie les caractéristiques communes entre les enseignants de la technologie qui adoptent le mode d'enseignement transmissif²⁹:

- *Sees self as a source of expertise*
- *Values the currency of their own technical skills*

²⁹ Traduction libre: - [L'enseignant] se perçoit en tant que source d'expertise; - reconnaît ses habiletés techniques; - utilise un ensemble de projets pour nourrir l'enseignement et l'apprentissage; - son expertise personnelle s'avère réduite, mais profonde (Staples, 2003, p. 303).

- *Uses set projects as the prime vehicle for teaching and learning*
- *Personal expertise is narrow but in-depth* (p. 303)

Selon Staples (2003), les enseignants qui s'inscrivent dans cette perspective se considèrent comme des personnes ressources ayant une expertise technologique, ils surévaluent leurs habiletés techniques, ils considèrent les projets technologiques comme des moyens fondamentaux à l'enseignement et à l'apprentissage et leur expertise personnelle s'avère réduite, mais profonde.

Les faiblesses des méthodes transmissives en éducation sont multiples. D'abord, cette logique véhicule un déterminisme objectif. Tout est prévu, les démarches sont préorganisées et les solutions sont déjà établies par un agent extérieur (l'expert). L'une des conséquences potentielles pour l'élève est d'asphyxier non seulement sa créativité, mais également son aptitude face à la recherche, à la capacité d'invention et au développement de sa pensée critique.

4.2 Les approches socioconstructivistes

Quant à la perspective socioconstructiviste, le sens se construit dans les relations sociales (Hansen, 1997). Ces dernières déterminent comment et dans quel cadre les élèves traitent les uns les autres. Dans les conventions socioculturelles en éducation, les relations entre les individus peuvent être soit symétriques avec des droits égaux pour chaque membre d'un groupe social (exemple: élève-élève), soit hiérarchique (exemple: novice-expert). Or, dans cette logique, l'enseignant joue le rôle d'un médiateur pour l'élève. En d'autres mots, l'enseignant ne se comporte pas comme porteur de savoir qu'il transmet à l'élève, mais comme un facilitateur de compréhension. Ainsi, le rôle principal de l'enseignant est de recourir à des démarches qui suscitent l'engagement intellectuel des élèves dans le processus d'apprentissage et dans la construction de connaissances.

Ces démarches sont celles où l'on procède de telle sorte que l'élève soit l'auteur de son propre développement et notamment qu'il construise lui-même sa connaissance. Lorsque ces démarches sont prises en charge par les élèves, elles ne consistent pas seulement à leur permettre de résoudre des problèmes proposés ou formulés par un agent extérieur (les enseignants, les concepteurs des manuels, les vulgarisateurs, etc.), mais aussi à construire

leurs connaissances. Dans cette logique, l'élaboration d'un nouveau savoir découle d'une situation conflictuelle créée par le fait qu'un apprenant ne peut réaliser la tâche qui lui est attribuée en faisant appel aux savoirs dont il dispose (Ginestié, 2002). Le fait de ne pas réussir à produire une solution socialement satisfaisante crée un déséquilibre qui va amener l'apprenant à chercher les moyens d'élaborer une solution (*Ibid.*). Ce déséquilibre le placera en situation de recherche dans son environnement social d'éléments nouveaux pour structurer une nouvelle organisation de ses connaissances lui permettant de produire la solution appropriée et composant ainsi un nouveau savoir (*Ibid.*). La stabilisation de ce nouveau savoir s'appuie sur une construction de sens et de signification, d'objets et de symboles sur ces objets (*Ibid.*)

Pour caractériser les enseignants qui s'inscrivent dans ce mode constructiviste, Staples (2003) identifie les caractéristiques de l'enseignant médiateur:

- *Sees self as process guide*
 - *Identifies broadly with design and technology education*
 - *Is interested in contemporary issues of design and technology*
 - *Values innovation and creativity*
 - *Embraces change and anticipates a professional life of learning*
- (p. 306)

Ainsi, selon Staples (*Ibid.*), les enseignants qui s'inscrivent dans cette logique socioconstructiviste se considèrent comme des médiateurs dans le processus d'apprentissage, s'identifient largement avec la conception et l'éducation technologique, s'intéressent aux enjeux contemporains de la conception technologique, évaluent l'innovation et la créativité, adoptent le changement et anticipent la vie professionnelle.

En somme, la caractérisation des approches transmissive et socioconstructiviste est essentielle pour notre analyse des pratiques déclarées choisies comme angle d'approche pour appréhender la DCT.

5. LES PRATIQUES D'ENSEIGNEMENT COMME ANGLE D'APPROCHE

5.1 Les fondements des pratiques d'enseignement

L'une des priorités des chercheurs est de s'interroger sur ce que font les acteurs en éducation en classe: les enseignants et les élèves (Bronckart, 2001).

Pour comprendre ce que l'enseignant fait lorsqu'il prépare son enseignement ou lorsqu'il enseigne, les chercheurs recourent à une variété de notions telles que pratique, travail, comportement, activité, etc. Si les recherches portant sur les pratiques d'enseignement sont en croissance actuellement, c'est qu'il y a une reconnaissance de l'importance de l'action enseignante (Bousadra, 2014; Bressoux, 2001; Lenoir et Vanhulle, 2006). Cette reconnaissance a été admise, car la recherche a, au moins partiellement, abandonné l'approche «processus-produit» traditionnelle qui stipule que l'enseignement consiste en une application directe de modèles théoriquement préconstruits et qu'il existe également un lien immédiat, direct et exclusif entre l'enseignement et les apprentissages (Lenoir *et al.*, 2007, dans Bousadra, 2014, p. 76).

Selon Altet (2001), la pratique enseignante englobe l'ensemble des activités reliées à la fonction enseignante, incluant la pratique d'enseignement et d'autres tâches qui se déroulent en dehors de la classe, durant le temps scolaire (la pratique de travail collectif avec les collègues; l'encadrement des élèves en dehors des cours; etc.) ou à l'extérieur (les échanges avec les parents; les pratiques de partenariat; etc.). Cependant, la pratique d'enseignement, quant à elle, renvoie à l'ensemble des activités qui s'organisent autour du temps de classe, en présence des élèves, et inclut trois phases interdépendantes: préactive, interactive et postactive (Lenoir *et al.*, 2007).

La phase préactive correspond à l'intention initiale de l'action et à la planification de l'activité, saisies avant l'action en classe. Cette phase constitue, comme le rappellent Lenoir *et al.* (2007), une anticipation ou un rapport au futur qui est quasi présent, dit aussi, les *motifs-en-vue-de*. Notre recherche s'inscrit dans cette phase qui renvoie aux pratiques déclarées (prévues).

La phase interactive renvoie à l'étape d'effectuation en classe où l'intention d'action s'actualise en se manifestant dans l'action elle-même, ce qui implique de dégager la

configuration de l'activité, ainsi que sa séquentialisation. Il s'agit, selon Hasni, Lenoir, Larose et Squalli (2007) de l'argumentation justificatrice de la pratique effective, telle que vécue. La phase postactive renvoie à la rétroaction, à l'interprétation de la planification de l'acte posé et des intentions considérées *posthoc* se caractérisant par une légitimation qui conduit à l'expression d'une argumentation justificatrice (Lenoir *et al.*, 2007).

Plusieurs auteurs montrent que les études récentes portant sur les pratiques d'enseignement empruntent deux voies (Hasni *et al.*, 2007; Lenoir *et al.*, 2007): la première voie est centrée sur les pratiques d'enseignement déclarées qui renvoie à ce que les enseignants disent faire, tandis que la deuxième voie s'intéresse aux pratiques d'enseignement dites effectives, c'est-à-dire telles qu'elles se déroulent en classe.

Dans la perspective de Lenoir *et al.* (2007), l'agir enseignant est à la fois l'action déployée par l'enseignant dans son milieu de travail et les justifications derrière ses actions. Ainsi, l'action de l'enseignant est, en premier lieu, intentionnelle, car elle a l'objectif de renforcer les connaissances des apprenants par des modalités et des moyens sélectionnés. En second lieu, elle a une portion d'anticipation, voire de planification, car l'enseignant anticipe les conséquences de son action, c'est le *motif-en-vue-de* (*Ibid.*). Ce motif qui s'inscrit, comme l'indique Bousadra (2014), dans une projection dans le futur, fait référence aux intentions subjectives qui cadrent l'action du sujet. Certes, ces intentions dépendent des programmes, des contenus, des représentations et de l'appréhension de l'enseignant.

Bien que les outils méthodologiques utilisés par des chercheurs en éducation privilégient une approche multidimensionnelle pour aborder les pratiques, nous avons choisi l'entrée didactique, car selon Hasni *et al.*(2007), la perspective qui considère les pratiques sous un point de vue didactique se distingue par trois approches: 1) une approche qui défend une (ou plusieurs) théorie didactique. Les objets d'apprentissage viennent soutenir cette théorie. Ces écrits apparaissent comme une contribution au fondement de cette discipline; 2) une approche relative aux objets disciplinaires (savoirs, concepts, démarches, etc.), tout en considérant les points de vue didactiques nécessaires pour mener la recherche et 3) une approche communicative qui s'intéresse à l'étude de l'interaction sociale dans le dialogue scientifique en classe.

Notre recherche s'inscrit dans la deuxième perspective qui renvoie aux approches relatives aux concepts, aux savoirs et aux processus.

5.2 Les pratiques déclarées

Selon Morge (2000), lors de la préparation de la séance du cours, l'enseignant définit la tâche proposée aux élèves, les savoirs et processus visés ainsi que le déroulement du cours. En outre, bien que méthodologiquement l'observation soit intéressante, elle peut souvent ne pas être suffisante pour mener en profondeur une étude qualitative. Par conséquent, il convient également de savoir comment les sujets pensent, ce qu'ils disent de leurs actions (Vilatte, 2007).

Dans cette perspective, nous supposons, comme le soutiennent Tiberghien et Malkoun (2007) que l'enseignant mobilise ses arsenaux didactiques et méthodologiques pour mettre en place un ensemble de conditions qui, potentiellement, permettront aux élèves l'acquisition des connaissances visées. Notre étude se centre donc sur la compréhension qu'ont les enseignants de la DCT, ses liens avec l'acquisition conceptuelle et les défis potentiels ou rencontrés dans le cadre de leurs planifications et leurs enseignements.

Par conséquent, sur le plan opérationnel, nous considérons les pratiques déclarées d'enseignement dans la perspective de Hasni (2006) et Lenoir *et al.* (2007) qui les considèrent sous l'angle des contenus à enseigner, (le quoi); les finalités (le pourquoi) et les approches d'enseignement (le comment).

Le contenu à enseigner (ou le «quoi» enseigner) renvoie aux contenus que l'enseignant souhaite faire apprendre aux élèves dans un cours donné. Ces contenus peuvent être disciplinaires (concepts, habiletés, démarches, etc.) ou non disciplinaires (travail d'équipe, collaboration, communication, etc.). Le «quoi» enseigner permet de situer le discours qui circule dans la classe sur ces savoirs par rapport aux savoirs scientifiquement admis (Bousadra, 2014; Hasni *et al.*, 2010).

Le «pourquoi» l'enseigner fait référence aux finalités éducatives et aux missions derrière l'enseignement du contenu visé. Le «comment» enseigner renvoie aux approches pédagogiques et autres démarches d'enseignement dans leur relation avec l'acquisition des savoirs technologiques. Le «avec quoi» enseigner réfère à toute la documentation utilisée

comme ressources didactiques retenues et à leurs modalités d'utilisation par l'enseignant et les élèves en classe (Hasni *et al.*, 2010).

Dans le cadre de cette thèse, pour répondre à notre question de recherche qui structure cette étude, nous supposons que l'investissement de ces dimensions nous permettra de dégager la compréhension qu'ont les enseignants de la DCT et comment ils rationalisent l'enseignement des savoirs technologiques.

6. LES OBJECTIFS SPÉCIFIQUES À LA RECHERCHE

6.1 Les objectifs opératoires

L'objectif général de notre recherche consiste à décrire comment les enseignants comprennent la démarche de conception technologique et ses liens avec l'acquisition des savoirs et de quelle façon ils la mettent en œuvre. Nous sommes conscients de la difficulté que cela implique et nous nous attendons à rencontrer de nombreux défis, notamment, comme le signale Godin (2012), une certaine résistance de la part des acteurs sur le terrain. En effet, en lien avec les dimensions de notre cadre conceptuel et les éléments de la problématique, les enseignants peuvent ne pas être conscients de ce qu'est la démarche de conception, car tous ne possèdent pas une formation en technologie. Ils pourraient par conséquent être confus et se sentir gênés ou déstabilisés de nous exprimer leur compréhension. Les enseignants pourraient également ne pas être conscients de différents types d'obstacles auxquels ils font face lorsqu'ils tentent de mettre en œuvre la démarche de conception dans leurs pratiques d'enseignement. Pour minimiser les effets de ces obstacles, nous allons recourir à une enquête semi-dirigée pour centrer les entrevues sur les thèmes pertinents à notre étude.

Notre cadre conceptuel nous permet de traduire notre objectif général en trois objectifs spécifiques que nous présentons ci-après:

Objectif spécifique 1: compréhension de la démarche

Décrire la compréhension (caractérisation et visées) que des enseignants de sciences et technologie au secondaire ont de la démarche de conception technologique.

Objectif spécifique 2: finalité de la démarche

Décrire les modalités de mise en œuvre de la démarche et des liens que ces enseignants établissent entre cette dernière et l'acquisition conceptuelle des élèves.

Objectif spécifique 3: défis et contraintes

Dégager les défis et les contraintes que ces enseignants rencontrent dans le cadre de la planification et de la mise en œuvre de la démarche de conception.

6.2 Les retombées

L'originalité de la recherche réside dans le fait qu'elle vise à décrire la manière avec laquelle les enseignants comprennent et mettent en œuvre la démarche de conception dans leurs pratiques régulières. Comme le souligne Kelley (2008), cette recherche peut aider les éducateurs à comprendre non seulement des programmes d'éducation technologique récemment mis en œuvre, mais aussi des problèmes et enjeux qui entourent les pratiques d'enseignement dans le cadre de l'enseignement de la démarche de conception au secondaire.

En outre, dans le contexte particulier du Québec, si le PFEQ propose l'enseignement de la démarche de conception (Gouvernement du Québec, 2006), très peu d'écrits scientifiques, à notre connaissance, ont porté sur la compréhension ou sur la manière dont elle est enseignée.

Cette recherche permettra également d'apporter une contribution à l'avancement des connaissances sur la relation entre les apprentissages disciplinaires en science et technologie et les approches sur lesquelles reposent les réformes curriculaires actuelles dans de nombreux systèmes éducatifs, dont celui du Québec.

Quant à la relation entre la recherche, la formation et la pratique (thématique du doctorat en éducation à l'Université de Sherbrooke), en premier lieu, les résultats de cette étude peuvent aider les enseignants à remettre en question leur compréhension de l'éducation technologique et à prendre en charge leur développement professionnel. En deuxième lieu, si les enseignants comprennent bien la DCT, leur enseignement peut, d'une part, aider les aider

les élèves à comprendre les concepts et les enjeux de technologique, et d'autre part, les encourager à poursuivre des études technologiques ou choisir des métiers qui y sont associés (Friedman, 2005; Kelley, 2008).

TROISIÈME CHAPITRE

MÉTHODOLOGIE

*“I am not here to speak the ‘Truth’. I am here
just to give you a method to perceive it.”*
Jaggi Vasudev

1. LE PROTOCOLE DE RECUEIL DE DONNÉES

1.1 Les éléments méthodologiques considérés

Notre projet de recherche s’inscrit dans le contexte de la récente réforme de l’éducation québécoise. Notre objet de recherche porte spécifiquement sur l’enseignement de la DCT au secondaire vu sous l’angle de son déroulement, des contenus d’apprentissage en jeu et de ses finalités. Cette question est appréhendée dans différentes recherches qui reflètent ces orientations comme en témoignent les écrits scientifiques illustrés dans le cadre de ces projets³⁰. Si les objets étudiés par ceux-ci sont divers, ils se fondent tous sur une base théorique qui considère l’appropriation de la structure disciplinaire (savoirs conceptuels et processus de leur élaboration) comme la visée principale (Hasni, 2011). Quant aux différentes approches pédagogiques d’apprentissages, même si elles peuvent faire l’objet d’apprentissages scolaires, elles doivent être considérées comme des moyens permettant de favoriser cette visée (Bousadra, 2014).

Bien que l’enseignement de l’ET et de la DCT soit l’objet principal de notre étude, l’angle d’approche que nous avons choisi pour l’appréhender est également porteur de choix théorique, comme le souligne Van Der Maren (1996): «le choix d’un instrument n’est jamais indépendant d’une orientation théorique explicite ou implicite» (p. 429).

³⁰ L’approche par projet (Bousadra, 2014); pratiques d’enseignement technologique (Bouras, 2006); développement de l’éducation technologique (Dakers et Dow, 2009; ITEA, 2007); philosophie de l’éducation technologique (de Vries, 2005); la démarche de conception technologique (Ginestié, 2002; Kelley, 2008; McCormick, 2004).

Notons que notre recherche ne vise pas à théoriser la pratique d'enseignement. Ce concept nous sert davantage de cadre d'analyse pour étudier ce qui s'enseigne et s'apprend dans des classes de science et technologie dans le cadre de l'enseignement de la DCT.

Ainsi, comme le soutient Van Der Maren (1996), le chercheur doit toujours être attentif au fait que le choix d'un instrument méthodologique implique l'adhésion à une théorie de l'objet auquel cet instrument sera appliqué. D'une manière similaire à ce principe, nous allons expliciter les principales considérations qui sous-tendent l'analyse des pratiques d'enseignement déclarées dans le cadre de cette thèse.

Ainsi, lorsqu'il s'agit d'approcher les pratiques déclarées, on doit prendre en considération les trois dimensions suivantes: 1) les enseignants; 2) le contexte institutionnel; et, 3) le contexte spécifique à chaque enseignant (Hasni *et al.*, 2012; Lenoir *et al.*, 2007).

La première dimension renvoie aux enseignants en tant que professionnels qui assurent ces pratiques grâce à leurs antécédents (*backgrounds*) théoriques et expérientiels, leurs caractéristiques, leurs croyances et leurs conceptions. La prise en considération de cette dimension se matérialise au niveau du processus de recueil des données ainsi que dans les procédures d'analyse. Par conséquent, en plus des entrevues, un ensemble de données sociodémographiques caractérisant l'enseignant (son genre, son expérience professionnelle, sa formation initiale, etc.) sont également considérées.

La deuxième dimension renvoie au contexte institutionnel général (le programme de formation et le discours officiel). Dans cette dimension, nous considérons également le contexte spécifique des enseignants de ST qui sont appelés non seulement à transformer leurs pratiques professionnelles, mais aussi à prendre en charge leur développement professionnel à l'égard de la technologie en particulier.

La troisième dimension renvoie au contexte spécifique à chaque enseignant (l'école, les ressources disponibles, les locaux: ateliers et laboratoires, la collaboration avec les collègues, les conseillers pédagogiques et les techniciens des travaux pratiques, etc.).

En somme, notre cadre méthodologique s'articule autour de deux cadres théoriques distincts qui orientent notre processus de recueil des données, ainsi que notre analyse: celui de l'éducation technologique et celui des pratiques d'enseignement.

Comme nous l'avons présenté dans le cadre conceptuel, nous nous limitons aux pratiques déclarées. Rappelons que réaliser des entrevues repose, comme le soulignent Hasni *et al.* (2012) et Lenoir *et al.* (2007), sur le choix méthodologique qui s'appuie sur le regard d'un observateur externe, le chercheur, et le sens que les enseignants accordent à leur action. En effet, nous nous situons dans la phase préactive des pratiques d'enseignement, qui se caractérise par l'intention initiale de l'action et de la planification de l'activité, saisies avant l'action en tant que projet (des «motifs-en-vue-de») tel que mentionné précédemment. Il s'agit, comme le souligne Bourdieu (1994), «d'une anticipation, un rapport au futur qui n'en est pas un, un futur qui est quasi présent» (dans Lenoir *et al.*, 2007, p. 25).

Corollairement, pour cette étude, notre objectif de recherche est de décrire la compréhension que les enseignants ont de la DCT et sa mise en œuvre par le biais des pratiques déclarées. Il s'agit donc d'étudier le sens que les enseignants accordent à leur enseignement. Selon plusieurs auteurs qui ont travaillé sur l'ET et la DCT, l'entrevue semi-dirigée est un excellent outil de recueil de données pour ce type de recherche (Asunda et Hill, 2007; Gattie et Wicklein, 2007; Kelley, 2008). Ainsi pour la collecte des données, nous avons opté pour l'entrevue semi-dirigée que nous présentons dans l'une des sections ci-dessous.

1.2 L'échantillon

Notre échantillon est de convenance basé sur le volontariat. Cette étude descriptive a fait appel à un échantillon d'enseignants de science et technologie au secondaire. Les critères d'acceptation sont de deux ordres: 1) enseigner la discipline de science et technologie au secondaire pendant l'année en cours et 2) avoir enseigné récemment (au plus tard l'année précédant la recherche) ou enseigner la DCT durant l'année en cours.

Le recrutement s'est déroulé en deux temps. Le premier recrutement s'est eu lieu en mai 2015, moment où nous avons envoyé une invitation à 10 enseignants collègues. Le but qui sous-tendait ce premier envoi était de tester non seulement la validité de l'instrument afin de s'assurer que les questions du guide de l'entrevue ne véhiculent pas une désirabilité sociale, mais aussi la réceptivité des enseignants. Cinq sujets sur dix ont accepté de nous accorder une entrevue, mais nous ont dit que le moment n'était pas bien choisi (à cause des examens de fin de l'année). Quatre autres ont signifié qu'ils ne pouvaient nous accorder une entrevue parce qu'ils n'enseignent pas réellement la démarche de conception technologique dans leur pratique. Le dernier n'a pas répondu à notre invitation. Étant donné que ce premier recrutement concerne les enseignants collègues, nous avons pris soin de vérifier la validité des données collectées en les comparant aux données d'autres enseignants de notre échantillon. La comparaison montre que leurs réponses ne sont pas très différentes des réponses des 14 autres enseignants.

Le deuxième recrutement s'est déroulé à l'automne 2015, de septembre à décembre. À cette étape, nous avons communiqué avec une conseillère pédagogique d'une commission scolaire qui nous a fourni les adresses courriel de tous les enseignants de science et technologie au secondaire. Nous avons ensuite sollicité ces enseignants en leur envoyant une invitation à participer à notre enquête.

Pour varier notre échantillon, afin de minimiser l'effet de la non-représentativité, nous avons sollicité quelques autres enseignants de quatre autres commissions scolaires. Le message d'invitation envoyé à tous les enseignants était accompagné d'une lettre de présentation expliquant notre recherche. Une relance a été effectuée au mois d'octobre et une autre au début du mois de décembre 2015.

Pour encourager la participation des enseignants à notre enquête et afin d'accéder au maximum d'informations concernant la mise en œuvre de la DCT, nous avons respecté les conditions suivantes: nous avons offert aux enseignants deux moyens de mener une entrevue d'environ 20 minutes avec nous: soit par téléphone, au moment qui leur conviendrait; soit face à face.

Au total, 19 enseignants ont accepté notre invitation et nous ont accordé une entrevue. Rappelons qu'il est important de souligner que dans ce contexte, la représentativité n'est pas envisageable selon un rapport proportionnel entre le nombre de répondants et le nombre de personnes constituant la population de référence (tous les enseignants de science et technologie au Québec), mais plutôt en fonction de la présence d'un nombre minimum de sujets dans chacune des catégories correspondant aux variables à l'étude (Dussaix et Grosbras, 1993). Nous sommes conscients que notre échantillon est de convenance, donc non représentatif. Selon Quivy et Campenhoudt (2006), cette limite n'invalide pas la scientificité de la recherche. En effet, considérant la nature exploratoire et descriptive de cette étude, la non représentativité de l'échantillon affecte peu les résultats, car l'objectif visé n'est pas la généralisation statistique à l'ensemble des enseignants de science et technologie au Québec.

De cette manière, nous considérons, comme le souligne Lefèvre (2006) que l'entrevue engage deux personnes en vis-à-vis et à ce titre ne peut être considérée comme un questionnaire. Des rapports humains et sociaux se jouent dans une entrevue. Ainsi, dans les cas où les sujets choisissent une entrevue face à face, nous avons organisé des rencontres soit sur leur lieu de travail, soit dans un autre lieu de leur choix.

Pour accéder au maximum d'informations, nous avons sollicité tous les répondants pour qu'ils discutent de deux situations d'apprentissage vécues en classe si possible. Nous avons aussi conseillé aux sujets de se sentir à l'aise et de nous demander de relancer ou de répéter la question si nécessaire. Nous avons également informé les répondants qu'ils pouvaient faire des retours sur des questions au cas où il y aurait des informations qui leur viendraient à l'esprit plus tard.

1.3 L'instrument de recueil des données

L'instrument de recueil de données, le guide d'entrevue, se dégage des dimensions opérationnalisant le cadre conceptuel retenu pour aborder les pratiques d'enseignement dans le contexte de l'éducation technologique. Il est inspiré d'un guide d'entrevue utilisé par le Centre de recherche sur l'enseignement et l'apprentissage des

sciences (CREAS) produit dans le cadre de la recherche CRSH³¹ et FRQSC³². Nous avons adapté ce guide pour convenir à la problématique de notre recherche et aux dimensions de notre cadre conceptuel auquel nous avons intégré les éléments spécifiques du contexte scolaire québécois. Le guide d'entrevue a été validé auprès de notre directeur de recherche et un premier participant afin de s'assurer de sa validité scientifique et de la compréhension des items qui le composent. Le guide d'entrevue intégral est structuré autour des dimensions de notre cadre conceptuel, le «quoi» (les contenus visés), le «pourquoi» (les fonctions et les finalités) et le «comment» (les modalités de mise en œuvre). Le guide d'entrevue intégral est présenté à l'annexe B. Nous rappelons ci-après les grandes sections du guide:

1) Déroulement de la *DCT*

Dans cette section, plusieurs questions sont posées à l'enseignant afin de l'amener dans un premier temps à préciser les moments et/ou les étapes de la démarche de conception poursuivie ainsi que les principales tâches de l'enseignant lui-même, des élèves et du technicien de laboratoire qui assiste l'enseignant dans les laboratoires et dans l'atelier technologique. Dans un deuxième temps, l'enseignant est également interrogé sur les principales difficultés rencontrées par les élèves au regard du processus et des visées, par l'enseignant lui-même et par le technicien, s'il est impliqué dans la démarche. Les questions A1.1, A1.4, A1.5 et A1.6 du guide ont été posées aux enseignants pour appréhender les éléments de la mise en œuvre de la *DCT*. Les questions de cette section ainsi que celles posées sur la compréhension de la *DCT* (B3 et B4) sont formulées ainsi, car nous avons évité de poser des questions directes aux répondants. En effet, les réponses attendues à ce genre de questions classiques ne peuvent pas sortir des catégories du programme et de la désirabilité sociale, et leur analyse serait quasi triviale. Nous avons choisi de chercher ces informations et les réponses aux questions au moyen de la description des expériences vécues par les enseignants eux-mêmes en classe.

³¹ CRSH: Conseil de recherche en sciences humaines.

³² FRQSC: Fonds de recherche du Québec – Société et culture.

2) Le «quoi» enseigner

Les questions posées pour étudier cette dimension visent non seulement les apprentissages ciblés par l'activité de conception planifiée, mais aussi les éléments évalués si une évaluation était prévue. Les questions du guide d'entrevue associées à cette dimension sont A1.2 et A1.3.

3) Compréhension de la DCT

Dans cette section, les questions posées à l'enseignant portent sur sa compréhension de la démarche, sa relation avec la démarche d'investigation scientifique et sur les finalités non seulement de la DCT, mais aussi de l'éducation technologique en général. Les questions sur la place qu'occupe l'univers technologique dans le programme et sur l'intégration des contenus scientifiques et technologiques dans une même activité ont été posées également à l'enseignant. Ainsi, les questions qui ont abordé cette dimension sont B3 et B4.

4) Finalité de l'ET et de la DCT

Les questions posées sur le «pourquoi» portent sur ce que les répondants considèrent comme les principaux objectifs et finalités de l'éducation technologique en général et de la DCT en particulier. Les questions B5 et B6 du guide sont reliées à cet objectif.

5) Informations sociodémographiques

Dans cette section, les questions posées à l'enseignant portent entre autres sur le genre, la formation de base, la formation continue et/ou le perfectionnement, le nombre d'années d'expérience et les niveaux couverts par son enseignement. Toutes les questions de la section C s'inscrivent dans cette dimension.

2. LES MODALITÉS DE TRAITEMENT DE DONNÉES

Comme nous l'avons signalé ci-dessus, au total, 19 enseignants nous ont accordé une entrevue et 27 situations d'apprentissage ont fait l'objet de discussions.

Les pratiques d'enseignement sont l'objet principal du dispositif d'analyse que nous utilisons pour répondre à nos objectifs de recherche. Nos données sont associées aux pratiques déclarées, recueillies par les 19 répondants. La figure 7 résume le processus de recueil et d'analyse des données de notre étude.

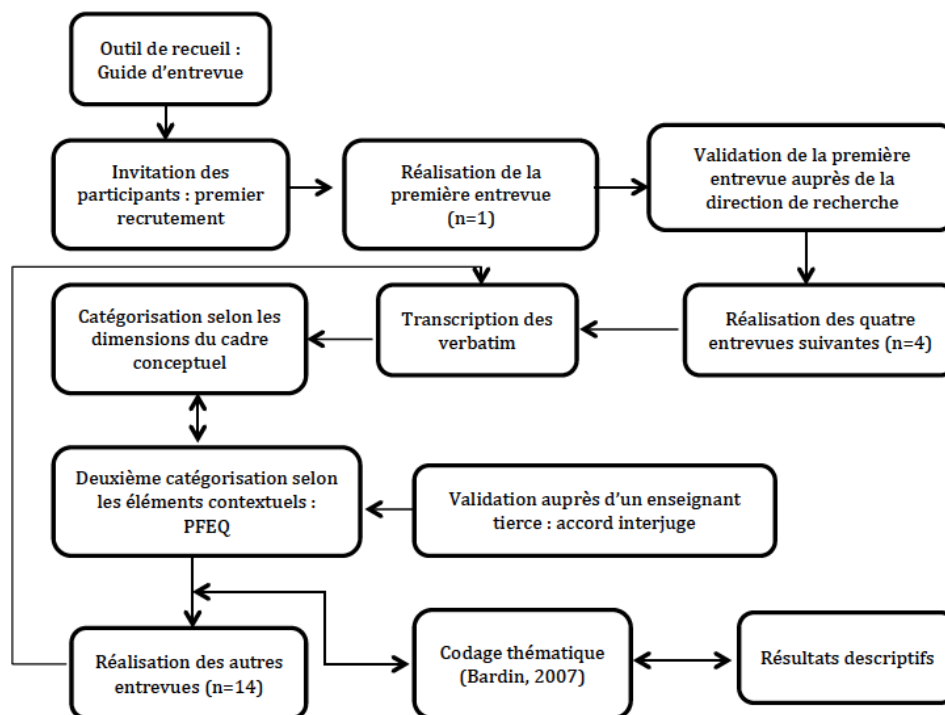


Figure 7 – Processus de recueil et d'analyse des données de l'étude

2.1 Les techniques de traitement des données qualitatives

Dans le cas de notre étude, nous recourons à une analyse du discours explicite qui considère, comme le souligne Bardin (2007), les énoncés d'un discours comme une manifestation portant des indices que l'analyse sera éloquente. Dans cette optique, cette analyse vise à synthétiser le contenu de la pensée d'un ou plusieurs énonciateurs (Van Der Maren, 1995).

Pour réussir une telle analyse, Bardin (2007) suggère de suivre trois phases: 1) la préanalyse, 2) l'exploitation du matériel, et 3) le traitement des résultats, l'inférence et l'interprétation.

La première phase qui vise la systématisation du cadre d'analyse d'origine pour arriver à un plan d'analyse précis commence par la lecture flottante. Cette dernière aide le chercheur à se familiariser avec les données par différentes entrées. À cet égard, nous avons réalisé plusieurs lectures (au moment de l'entrevue, pendant la transcription des verbatims, pendant la relecture des verbatims, etc.). Cela nous a permis de mettre à l'épreuve notre grille préliminaire issue du cadre conceptuel à laquelle nous avons ajouté des éléments contextuels et des catégories émergentes.

Ensuite, nous avons procédé à la catégorisation. Cette étape consiste à classer les éléments constitutifs d'un ensemble par différenciation, puis à les regrouper selon les critères préalablement définis, autrement dit, assurer le passage des données brutes en données organisées.

Pour que la catégorisation soit efficace et n'introduise pas de biais dans le matériel, certaines conditions doivent être respectées (*Ibid.*): la pertinence et l'objectivité. La pertinence renvoie à l'adéquation entre le matériel d'analyse choisi et le cadre conceptuel retenu, tandis que l'objectivité renvoie à la clarté de la définition des catégories.

Après la catégorisation, nous avons entrepris le traitement systématique du matériel, le codage (*Ibid.*). Ce dernier consiste en un processus par lequel les données brutes sont transformées systématiquement en des unités qui permettent une description précise des caractéristiques pertinentes du contenu (*Ibid.*). L'organisation du codage implique le choix du découpage du texte en unités d'analyse, le codage thématique.

En ce qui a trait à nos objectifs de recherche, nous avons opté pour l'analyse thématique, car nous cherchons à identifier de quoi parlent nos interviewés à travers le repérage des idées directrices. Cette caractéristique de l'analyse thématique convient particulièrement à notre objectif d'identifier dans le discours des enseignants les spécificités qu'ils lient à l'enseignement de la DCT.

En outre, dans l'élaboration de la grille d'analyse, certes les dimensions issues du cadre constituent les pivots essentiels, mais nous avons également pris en considération d'autres éléments contextuels ainsi que des catégories qui émergent du discours des enseignants. Ainsi, notre grille est mixte dans le sens où elle est composée

non seulement des catégories issues de notre cadre théorique et des éléments du PFEQ, mais aussi des catégories émergentes lors de l'analyse.

2.2 La construction des grilles d'analyse

Rappelons que notre entrevue est semi-directive, c'est-à-dire qu'elle n'est ni entièrement ouverte, ni entièrement fermée. D'une manière générale, dans ce genre d'entrevue, le chercheur dispose d'un certain nombre de questions guides, relativement ouvertes, sur lesquelles il souhaite que l'interviewé réponde. Le chercheur essaie simplement de recentrer l'entrevue sur les thèmes qui l'intéressent quand l'entretien s'en éloigne.

Sur le plan méthodologique, dans les entrevues semi-dirigées, la règle de l'homogénéité du corpus demeure valide, comme le mentionne Bousadra (2014), puisque les interviewés ont tous répondu à des questions identiques sur des objets semblables. Pour analyser les questions de l'entrevue, nous avons élaboré des catégories permettant de prendre en considération les réponses des sujets en tenant compte des éléments de notre cadre conceptuel. Notons par ailleurs que deux questions de notre guide d'entrevue contiennent des questions en lien avec le contexte de l'ET dans le PFEQ (intégration des sciences et technologies, et la place de l'univers technologique dans le programme). Par conséquent, nous avons catégorisé les réponses dans ces deux questions en conséquence.

Les tableaux 4 et 5 présentent, à titre illustratif, les catégories élaborées pour analyser la question A1 portant sur le déroulement de la situation d'apprentissage et la question A2 portant sur les apprentissages visés.

Ces catégories sont issues, d'une part, des éléments du cadre conceptuel (DCT, ses caractéristiques, ses moments, ses concepts clés, etc.), ainsi que des éléments spécifiques reliés à l'approche par compétences et à l'intégration des sciences et technologies dans le PFEQ. Ces catégories ont été validées par un enseignant tierce qui a joué le rôle d'interjuge. Ce processus a permis d'obtenir 96 % d'accord.

La colonne de gauche du tableau 4 illustre les caractéristiques du déroulement de la DCT; la colonne du centre présente quelques extraits illustratifs issus des réponses

des répondants et la colonne de droite présente le nombre de situations auxquelles les répondants ont recours dans la caractéristique illustrée. Ces catégories sont issues non seulement des écrits scientifiques des auteurs qui ont travaillé sur la conception technologique (Hamon et Lebeaume, 2013; Kelley, 2008; Tate *et al.*, 2010; Martinand, 2003; Wicklein, 2006), mais aussi des composantes du Programme de science et technologie du Québec (Gouvernement du Québec, 2006) et du contexte spécifique de l'école québécoise.

Le tableau 5 présente les catégories issues de l'analyse des apprentissages visés. Ces derniers représentent les contenus du programme que les répondants considèrent comme importants et qui méritent d'être appris par les élèves dans leur recours à la DCT. Ces catégories sont issues non seulement des éléments du cadre conceptuel, mais aussi des éléments du programme de science et technologie dans le PFEQ.

Le tableau 5 indique si les savoirs visés sont d'ordre scientifique ou technologique et montre également leur statut (déjà vu ou nouveau). Au centre, le tableau présente quelques extraits des répondants relatifs à la catégorie en question. Dans la colonne de droite, le tableau illustre le nombre de situations auxquelles les répondants ont recours dans la catégorie de l'apprentissage visé.

Tableau 4
Grille d'analyse du déroulement de la DCT

Moments du déroulement de la DCT	Extraits illustratifs	Nombre de SA
Commence par une situation de départ présentant un problème ou question	- Alors premièrement, on a présenté la situation problème aux élèves (S3) ³³ . - [...], Ils ont été mis en situation dans laquelle ils doivent fabriquer une boîte selon leur usage qu'ils vont faire à l'école (S10).	17
Propose des premières solutions (via le brainstorming)	- [...] reformuler le problème et proposer des solutions. Faire un brainstorming de ce qu'ils ont (S1). - Ils [les élèves] doivent regarder leur jeu [problème] en équipe et trouver des solutions (S8).	7
Implique une activité de recherche et exploration	[...], j'ai amené les élèves à l'ordinateur pour faire une recherche (S10). Ils devaient consulter, faire une petite recherche sur internet [...] (S13).	10
Implique un choix de solution	- [...] d'aller chercher d'autres solutions beaucoup plus réalistes et réalisables (S4). - Donc, ils doivent trouver premièrement des, des solutions (S8). - [...] trouver des solutions de rechange [...] (S19).	11
Implique une planification	- Si tu étais en train de faire la planification, puis tu dois faire autre chose [...] (S19). - Ensuite, ils avaient à planifier les étapes [...] (S15).	12
Implique la schématisation (croquis, dessins, schémas)	[...] , je leur demande de faire un croquis de la machine qu'ils pensent faire. (S11). - Puis ils ont fait un schéma pour la fabrication (S13) - [...] puis faire le dessin du bateau [...] (S15).	16
Implique la fabrication	- [...] c'est-à-dire à la fabrication d'un prototype (S4). - [...] en suivant une gamme de fabrication vraiment (S10).	27
Implique les tests	- [...] ils vont tester le prototype (S18). - [...] pour tester son jouet (S19). - Ils ont 1 période pour tester les objets et découvrir qu'est-ce qui est mieux. (S10).	8
Implique des allers et retours (itérations) et améliorations	- [...] ils peuvent faire des allers et retours (S8). - [...] il y a une itération [...] (S4). - S'ils ne fonctionnaient pas, ils étaient obligés de retourner de recommencer et de le refaire (S2).	16
Implique une évaluation formative	- Après chaque période, je prenais les documents, et je faisais l'évaluation ponctuelle (S1). - [...] l'évaluation ensuite, c'est plus à chaque étape de l'avancement du projet, c'est évaluer est-ce que l'élève a respecté (S17).	18
Implique une évaluation sommative	- [...], il y a un examen sur l'ingénierie mécanique. Un examen écrit. (S13) - [...], ils ont toujours un journal de bord que je ramasse et corrige (S16).	15
Se déroule sur plusieurs périodes	- Le projet dure 4 périodes (S11). - Ça, ça va durer de 4 à 5 périodes selon leur vitesse (S14).	27
Implique la présence du technicien	- Le technicien était présent (S1). - Le technicien donne une formation sur l'utilisation des machines-outils (S3). - [...], j'amène le technicien avec moi (S16)	21
Implique un produit final	- [...] ils font le montage jusqu'au produit final (S14). - [...] vous devez en arriver à ce produit final là (S12).	12
Implique une compétition	- [...] pour les préparer à une compétition au niveau des élèves de secondaire de la CS (S17). - [...] c'est-à-dire, il y aura une petite compétition, [...] (S17).	6

³³ (S3) renvoie au répondant ou sujet numéro 3 dans notre codage des entrevues. Par la suite, nous noterons (Sx) pour le sujet x, où x varie de 1 à 19.

Tableau 5
Catégories des apprentissages visés

Catégories		Statut	Extraits	Nombre de SA
Savoirs conceptuels	Concepts scientifiques	déjà vu	- C'est pour mettre peut-être des notions de base de biologie, le vivant, l'articulation [...] (S6). - Les apprentissages, c'est les circuits électriques (S6). - [...] l'application de la règle de la main droite (S2). - Synthèse de l'électricité, du module d'électricité dans le nouveau programme (S15).	15
		nouveau		0
	Concepts technologiques	déjà vu	- Par la suite, j'ai quand même amené le schéma de construction, le schéma de principe [...] (S5).- C'était aussi d'intégrer certaines notions théoriques [...]: le schéma de principe, le schéma de construction, les mécanismes de transmission de mouvement nt, [...], la gamme de fabrication (S3).	9
		nouveau	- J'ai quand même amené le schéma de construction, le schéma de principe (S5). - Les objectifs c'est de leur faire découvrir les concepts en technologie (S8).	4
Savoir-faire (techniques, habiletés, utilisation d'outils, etc.)			- Fabrication de solénoïdes, le bobinage, l'action de l'aimant, etc. (S6) - [...] l'utilisation d'outils à l'atelier (S7). - [...] si l'élève est capable d'utiliser des machines-outils (S14).	11
Application de démarche technologique			- [...] à respecter des étapes de la DCT. À ne pas sauter des étapes (S10). - [...] l'élève soit capable d'appliquer les 4 étapes de la démarche (S16).	4
Compétences du programme			- [...] c'est consolider la compétence 2 (S16). - C'est la compétence 1 essentiellement avec quelques éléments de la compétence 2 (S18).	4
Dimension épistémologique (autre)			- Qu'il apprend, que les concepts théoriques ne sont pas figés (S1).	1
Compétences transversales et			- Et puis le travail d'équipe, bien entendu, le partage des tâches [...] (S2). - [...] les décisions à prendre plus tard [...] (S9). - [...] d'apprendre à s'organiser dans le temps [...] (S13).	13
Émergents			- Cette SAE, comme j'ai dit, ça ne touche pas vraiment le programme (S17).	1

Pour la catégorie des savoirs conceptuels, lorsque les enseignants mobilisent les savoirs scientifiques ou technologiques déjà appris dans des cours antérieurs, nous les catégorisons dans «savoirs déjà vus», alors que lorsqu'ils parlent de l'acquisition des savoirs scientifiques ou technologiques pour la première fois, nous les catégorisons dans «savoirs nouveaux».

Lorsque les répondants abordent les étapes de la démarche ou leur application, nous les classons dans la catégorie «application de la DCT». Si le sujet parle des compétences disciplinaires, nous les qualifions de «compétences du programme de

science et technologie». Lorsque les répondants abordent les savoirs sur les savoirs, l'impact des savoirs sur la société, la construction de sens, la rationalité, la compréhension des problèmes technologiques, nous les catégorisons dans «dimension épistémologique». Enfin, lorsque le sujet aborde les compétences d'ordre intellectuel, d'ordre méthodologique, d'ordre personnel et social, et d'ordre de la communication d'une façon générale, nous les catégorisons dans «compétences transversales».

QUATRIÈME CHAPITRE

RÉSULTATS DE LA RECHERCHE

“If at first the idea is not absurd, then there is no hope for it.”
Albert Einstein

1. LES CARACTÉRISTIQUES DE L'ÉCHANTILLON

Notre échantillon se compose de 19 enseignants. Parmi les répondants, 9 sont de genre féminin et 10 sont de genre masculin. Pour des raisons de confidentialité, nous avons évité de mentionner certains détails qui peuvent mener à leur identification. Alors, lorsque nous nous référerons à un sujet répondant, nous utiliserons la lettre S suivie d'un numéro qui correspond à son codage dans nos grilles d'analyse.

Dans nos entrevues, parmi les répondants, onze sujets ont discuté une seule situation d'apprentissage (SA), tandis que les 8 autres ont discuté de deux SA (sujets en gras dans le tableau 6) ou tel que le montre l'annexe C à la fin de ce document. Au total, nous avons collecté des données sur 27 SA. Ainsi, lorsque nous désignons la SA mise en œuvre par le sujet, nous utilisons S suivi du numéro correspondant, suivi ensuite de SA1 (situation d'apprentissage1) ou de SA2 selon le cas.

Tableau 6
Situation d'apprentissage (SA) par sujet

Sujet	SA: titre de la situation
S1	SA1: détecteur de niveau d'eau
S2	SA1: jeu mini opération SA2: application écouteurs
S3	SA1: construction d'un véhicule écologique
S4	SA1: conception d'un pont ouvrant
S5	SA1: conception d'une petite voiture
S6	SA1: hydroglisseur SA2: bras articulé
S7	SA1: conception d'un véhicule électrique
S8	SA1: jeu de bille
S9	SA1: conception d'une maquette d'un bassin versant
S10	SA1: boîte à crayons SA2: machines simples
S11	SA1: incroyable Machine
S12	SA1: lampe de poche.
S13	SA1: manège SA2: plafonnier
S14	SA1: bras articulé
S15	SA1: conception d'un bateau
S16	SA1: moteur à induction magnétique (MIM) SA2: détecteur de conductibilité électrique
S17	SA1: voiture électrique SA2: pont en <i>Popsicle</i> (bâtonnets)
S18	SA1: conception d'un tableau technique SA2: conception d'un lampion
S19	SA1: conception d'un jouet pour handicapés SA2: conception d'un jouet pour enfants

Le même principe sera adopté dans les citations (extraits des répondants) ou dans l'analyse des données.

Au regard de la formation postsecondaire en technologie, la majorité des répondants disent ne pas avoir suivi de cours traitant ni des techniques, ni de la technologie, comme l'illustre le tableau 7.

Tableau 7
Formation postsecondaire suivie en technologie

Réponse	Non	Oui : nature de la formation
Nombre de sujets	15	4
		1 : génie chimie
		1 : techniques industrielles
		1 : génie civil
		1 : ébénisterie

En effet, le tableau 7 montre que 15 sujets sur 19 n'ont suivi aucune formation postsecondaire traitant de la technologie. Trois sujets sur 19 disent qu'ils ont suivi soit des cours techniques au cégep, soit des cours de génie à l'université. Un enseignant déclare avoir suivi un cours technique (ébénisterie) hors programme.

En ce qui concerne le baccalauréat ou diplôme obtenu amenant à l'exercice de la profession enseignante, les réponses sont diverses (voir figure 8).

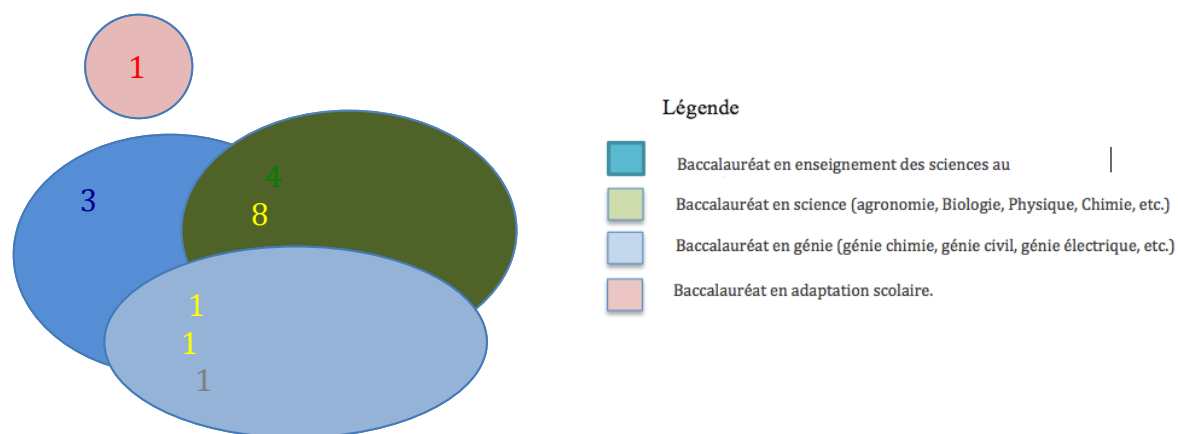


Figure 8 – Nombre d'enseignants par baccalauréat ou par diplôme disciplinaire obtenu

La figure 8 montre que 8 répondants sur 19 ont un baccalauréat scientifique (intersection entre la zone verte et la zone bleue); ensuite, ils ont complété soit un autre baccalauréat, soit un certificat en enseignement des sciences au secondaire. Quatre

répondants sur 19 détiennent un baccalauréat scientifique seulement (zone verte seulement). Trois répondants sur 19 possèdent un baccalauréat en enseignement des sciences au secondaire seulement (zone bleue). Pour le reste, un enseignant possède un baccalauréat en génie, puis il a complété un autre baccalauréat en enseignement des sciences (intersection entre la zone bleue transparente et la zone bleue). L'autre détient un baccalauréat en génie et une maîtrise en science (intersection entre la zone bleue transparente et la zone verte). Un autre possède un baccalauréat en génie seulement. Le dernier possède un baccalauréat en adaptation scolaire (cercle isolé dans la figure 9). Notons que les diplômés en adaptation scolaire sont des personnes formées habituellement pour intervenir auprès d'élèves à risque pour des contenus du primaire ou du secondaire en mathématiques et en français.

Au regard de la formation sur l'enseignement de la technologie (didactique ou autres) pendant leur formation en enseignement des sciences (baccalauréat ou certificat), les réponses des répondants sont résumées au tableau 8.

Tableau 8
Formation en enseignement de la technologie

Formation	Non	Oui
Nombre d'enseignants	14	5

Le tableau 8 montre qu'environ les trois quarts des enseignants disent n'avoir jamais suivi de cours universitaires traitant de l'enseignement de la technologie. L'autre quart affirme avoir suivi un ou deux cours portant sur la didactique de l'enseignement technologique. Cependant, en ce qui concerne le perfectionnement ou les formations offertes par les commissions scolaires depuis l'implantation de la réforme, tous les enseignants reconnaissent avoir suivi des formations offertes soit par des conseillers pédagogiques, soit par d'autres organismes (Centre de développement professionnel, *International Baccalaureate*).

En ce qui a trait au nombre d'années d'expérience en enseignement des sciences et technologie³⁴, nous avons résumé les résultats dans le diagramme à bandes illustré dans la figure 9. Comme le montre le diagramme, l'expérience en enseignement des sciences et technologie des répondants varie de 6 à 28 années, avec une moyenne d'environ 15,65 années.

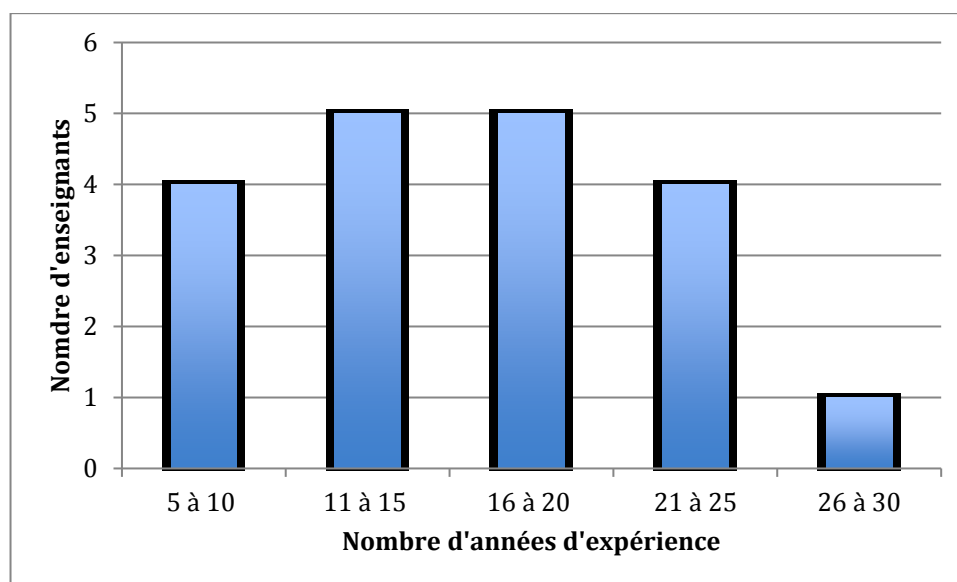


Figure 9 – Nombre d'années d'expérience en enseignement des répondants

Quant aux niveaux d'enseignement des répondants pendant l'année en cours, la complexité de la répartition des tâches (tableaux de service) des enseignants en rend la schématisation difficile (voir tableau 9). Cette répartition dépend de la taille de l'école (nombre d'élèves) ainsi que du nombre de salles de laboratoires disponibles.

³⁴ Le nombre d'années d'expérience renvoie à l'expérience en enseignement des sciences et/ou technologie avant et après la récente réforme de l'éducation au Québec.

Tableau 9
Niveaux scolaires couverts par les répondants

Nombre d'enseignants	Niveaux couverts
3	Sec ³⁵ 4
2	Sec 3 et sec 5
1	Sec 1
1	Sec 1, sec 2, sec 3 et sec 4
1	Sec 1 et sec 4
1	Sec 1 et sec 2
1	Sec 1 et sec 5
1	Sec 4 et sec 5
2	Sec 2
2	Sec 2 et sec 4
2	Sec 3
1	Sec 3 et sec 4
1	Sec 3, sec 4 et sec 5

Nous constatons dans le tableau 9 que les niveaux couverts par les enseignants varient d'un seul niveau, ce qui veut dire une seule planification, jusqu'à quatre niveaux, quatre planifications différentes. Cet écart met en évidence la lourdeur de la tâche de l'enseignant qui est censé préparer des situations d'apprentissages stimulantes pour tous ses élèves.

2. LA DÉMARCHE DE CONCEPTION DANS LES PRATIQUES DÉCLARÉES

2.1 La description du déroulement global

La description du déroulement a pour but, ici, de présenter sommairement les réponses des répondants à la question suivante:

A. 1.1. Considérons en premier lieu la SAI, pouvez-vous nous détailler d'abord son déroulement global ou ses étapes; ensuite, nous préciser, pour chaque étape, quelles étaient vos principales tâches? Celles des élèves? Et celles de la technicienne ou du technicien?

³⁵ Sec : secondaire

Il est important de noter que la description dont il est question dans cette section n'est pas basée sur les mises en situation telle qu'elles sont proposées par les répondants, mais celle reconstruite à partir de la description de l'enseignant. Ce sont donc les étapes ou les moments de la démarche reconstruite du discours de l'enseignant qui sont ici mis en évidence.

Ainsi, à partir des réponses des sujets à cette première question, nous avons reconstitué une description sommaire du déroulement des situations d'apprentissage en question. Nous présentons dans le tableau 10 la description des trois premières situations (une situation du répondant S1 et deux situations du répondant S2) pour illustrer le déroulement d'une manière générale. La totalité des situations est placée en annexe C.

Cette description des situations d'apprentissage nous permet de dégager quelques constats généraux sur lesquels nous reviendrons dans les sections suivantes.

Tableau 10
Description sommaire du déroulement des trois premières situations d'apprentissage
décrites par les sujets S1 et S2

Sujet	Description
S1	<p>SA1: Conception d'un détecteur de niveau d'eau <u>Déroulement:</u> L'enseignant commence par l'explication des connaissances scientifiques. Ensuite, il fait une mise en situation. Les élèves doivent cerner le problème et faire <i>brainstorming</i> et ensuite, compléter le document fourni et reformuler le problème. Quand le technicien, il se charge de préparer le matériel. En deuxième lieu, les élèves font des recherches et sélectionnent une solution, schématisent ensuite. Puis, ils présentent et discutent de leurs résultats devant la classe. Enfin, ils passent à la fabrication, puis font des tests. L'itération est permise. L'enseignant fait un retour sur les apprentissages et sur les différentes composantes de l'objet.</p>
S2	<p>SA1: jeu mini opération <u>Déroulement:</u> L'enseignant fait une mise en situation. Il fournit le document et rappelle les étapes de la démarche. Les élèves font leurs schémas. En deuxième lieu, le technicien prépare le matériel et les élèves commencent à fabriquer, testent et itèrent.</p> <p>SA2: Application des écouteurs <u>Déroulement:</u> L'enseignant fournit le document explicatif. Les élèves suivent une gamme de fabrication fournie et les étapes décrites. Ils font leurs schémas électriques. Le technicien prépare le matériel et fait le soutien technique. En deuxième lieu, les élèves fabriquent, puis analysent leur conception. Enfin, ils testent et itèrent pour améliorer. L'enseignant évalue la conception.</p>

Dans l'ensemble des situations de conceptions technologiques, tous les enseignants, sauf un (S5), affirment avoir bâti un document explicatif qu'ils désignent sous le nom de cahier des charges (CdC) ou de journal de bord de projet de conception. Ils disent également que ce document est remis à l'élève dès l'introduction de l'activité de conception technologique. Cependant, le contenu de ce document varie d'une situation à l'autre et d'un enseignant à l'autre.

La plupart des documents fournis par les enseignants S1, S2, S3, S4, S8, S10, S13, S15, S16 contiennent la mise en situation du problème, les exigences, les échéances et les documents à remettre, le cas échéant. Cependant, les sujets S6, S7, S9, S12, S14, S17, S18, S19 fournissent ce qu'ils appellent un document complet aux élèves. Notons que S18 et S19 ont discuté de deux situations chacun et ils ont fourni un document complet dans l'une des situations seulement. Cela signifie que les élèves ont déjà toute la planification complète de la DCT. Ils n'ont pas à proposer des pistes de solution au problème posé. Ils doivent suivre les étapes seulement. Ils utilisent, dans ce cas, des outils et développent des compétences techniques.

Les sujets S9 et S13 n'ont exigé ni la recherche de solutions possibles, ni la planification. Ils précisent que les élèves se servent de la méthode essais-erreurs jusqu'à ce que l'objet fonctionne. Le sujet S13 ajoute que si l'apprentissage par la méthode essais-erreurs exige un temps trop long, il donne la réponse à l'équipe qui ne trouve pas la solution. En effet, le sujet affirme que *«donc, ils essaient. Ils arrivent par trouver par essai-erreur le bon circuit à connecter. Si j'ai moins de temps, c'est moi qui vais leur dire si leur circuit va fonctionner ou pas. Et là, ça va être un dessin à la main qui va être fait»* (S13).

2.2 Les apprentissages visés déclarés et évaluations prévues

Dans cette section, nous présentons les réponses des répondants aux deux questions suivantes:

A. 1.2 *Quels étaient les objectifs ou les apprentissages ciblés par la SAE 1 que vous venez de décrire?*

En d'autres termes, que souhaitiez-vous que les élèves apprennent lors de cette SAE?

A. 1.3 *Avez-vous prévu, à l'avance, une évaluation des apprentissages ciblés par la SAE 1? Si oui, pouvez-vous nous décrire sur quoi et comment elle a été mise en œuvre? Autrement dit, avez-vous intégré une évaluation formative ou sommative? Et comment?*

Nous avons listé dans le tableau 11 les apprentissages visés et les éléments évalués par l'enseignant pendant l'activité de conception. Nous avons par la suite regroupé en catégories ces apprentissages en fonction des sujets. Le fait de combiner les réponses aux deux questions ci-dessus dans le même tableau nous permet de comprendre la cohérence entre ce que les enseignants visent comme apprentissage et ce qu'ils évaluent.

Tableau 11
Apprentissages visés et éléments évalués en fonction des sujets et SA

Sujet	SA: titre	Apprentissages visés	Éléments évalués
S1	SA1: détecteur de niveau d'eau	<ul style="list-style-type: none"> - Comprendre que les concepts scientifiques ne sont pas figés. - Transférer des apprentissages. - Résoudre des problèmes dans la vie de tous les jours 	<ul style="list-style-type: none"> - Avancement - Gestes posés - Analyse d'objet - Contenu du portfolio
S2	SA1: jeu mini opération	<ul style="list-style-type: none"> - Travailler en équipe et collaboration. - Appliquer des concepts scientifiques. - Décomposer en éléments simples. 	<ul style="list-style-type: none"> - Contenu du portfolio - Concepts prescrits
	SA2: application écouteurs	<ul style="list-style-type: none"> - Appliquer des concepts scientifiques 	<ul style="list-style-type: none"> - Examen écrit - Contenu du portfolio
S3	SA1: construction d'un véhicule écologique	<ul style="list-style-type: none"> - Appliquer la DCT - Intégrer des concepts technologiques - Manipuler des machines et des outils - Travailler en équipe 	<ul style="list-style-type: none"> - Concepts scientifiques - Produit final
S4	SA1: conception d'un pont ouvrant	<ul style="list-style-type: none"> - Développer les concepts technologiques prescrits dans le programme - Motiver l'élève. 	<ul style="list-style-type: none"> - Étapes de la démarche - Produit final - Contenu du portfolio - Cerner le problème - Habiletés techniques
S5	SA1: conception d'une petite voiture	<ul style="list-style-type: none"> - Schématiser - Conceptualiser 	<ul style="list-style-type: none"> - Examen proposé par une maison d'édition - Rapport d'excursion³⁶ - Produit final - Schématisation

³⁶ Excursion organisée à une centrale électrique d'Hydro-Québec.

			- Concepts technologiques
S6	SA1: hydroglisseur	- Appliquer des concepts scientifiques - Manipuler des outils - Fabriquer des objets	- Habiletés techniques - Produit final - Respects du CdC (mesures) - Contenu du portfolio
	SA2: bras articulé	- Valider les concepts scientifiques - Transférer des apprentissages	- Concepts technologiques - Suivre la gamme de fabrication
S7	SA1: conception d'un véhicule électrique	- Appliquer des concepts scientifiques - Manipuler des outils	- Contenu du portfolio - Habiletés techniques - Concepts scientifiques - Concepts technologiques - Produit final - Esprit de compétition - Respect du CdC
S8	SA1: jeu de bille	- Découvrir les concepts technologiques - Utiliser des outils	- Contenu du portfolio
S9	SA1: conception d'une maquette d'un bassin versant	- Valider des concepts scientifiques. - Transférer les apprentissages dans la vie de tous les jours. - Prendre des décisions.	- Débat - Compétition
S10	SA1: boîte à crayons	- Apprendre à suivre les étapes de la démarche - Élaborer une gamme de fabrication - Savoir communiquer	- Contenu du portfolio - Concepts technologiques - Grille d'évaluation - Habiletés techniques
	SA2: Machines simples	- Comprendre des machines simples.	- Concepts technologiques
S11	SA1: incroyable machine	- Comprendre les fonctions technologiques - Comprendre les machines simples	- Produit final - Imagination - Respect du cahier des charges - Contenu du portfolio (schémas) - Communication - Résolution du problème - Analyse d'objets - Conception d'objets
S12	SA1: lampe de poche.	- Valider des concepts scientifiques - Développer des techniques - Développer le vocabulaire technologique - Schématiser. - Intégrer des contenus scientifiques dans la technologie	- Habiletés techniques - Utilisation d'outils - Concepts scientifiques - Concepts technologiques

S13	SA1: manège	<ul style="list-style-type: none"> - Acquérir des concepts technologiques - Apprendre à s'organiser - Remise en question et acceptation de l'erreur. - Développer sa persévérance. 	<ul style="list-style-type: none"> - Concepts technologiques - Contenu du portfolio - Résolution du problème - Respect du CdC - Évaluation des pairs
	SA2: plafonnier	<ul style="list-style-type: none"> - Développer les concepts scientifiques - Développer les concepts d'ingénierie 	<ul style="list-style-type: none"> - Concepts scientifiques - Concepts technologiques
S14	SA1: bras articulé	<ul style="list-style-type: none"> - Travailler en sécurité - Utiliser des machines-outils 	<ul style="list-style-type: none"> - Habiletés techniques - Utilisation d'outils - Produit final
S15	SA1: Conception d'un bateau	<ul style="list-style-type: none"> - Appliquer les concepts scientifiques - Acquérir des concepts technologiques - Utiliser des logiciels - Développer la compétence de recherche - Élaborer une gamme de fabrication. - Schématisation. - Analyser d'objet technologique 	<ul style="list-style-type: none"> - Contenu du portfolio - Réflexion - Produit final - Respect du CdC
S16	SA1: moteur à induction magnétique (MIM)	<ul style="list-style-type: none"> - Résoudre des problèmes technologiques - Appliquer de la démarche de conception - Transférer des connaissances dans la vie - Acquérir de nouvelles connaissances - Appliquer des connaissances scientifiques - Consolider la compétence 2 	<ul style="list-style-type: none"> - Contenu du portfolio - Produit final
	SA2: Détecteur de conductibilité électrique	<ul style="list-style-type: none"> - Valider des concepts scientifiques - Acquérir des concepts technologiques. 	<ul style="list-style-type: none"> - Contenu du portfolio - Concepts scientifiques - Concepts technologiques.
S17	SA1: voiture électrique	<ul style="list-style-type: none"> - Maîtriser des dessins techniques - Acquérir des concepts d'ingénierie 	<ul style="list-style-type: none"> - Produit final - Respect du CdC
	SA2: Pont en Popsicle (bâtonnets)	<ul style="list-style-type: none"> - Comprendre les effets d'une force sur des structures (hors programme) - Développer l'esprit de compétition 	<ul style="list-style-type: none"> <u>Non prévu</u> - Dessins techniques - Avancement <u>Prévu</u> - Produit final
S18	SA1: Conception d'un tableau technique	<ul style="list-style-type: none"> - Engager les élèves dans <i>learning by doing</i> - Développer la compétence 1 - Développer la compétence 2 - Choisir des matériaux - Comprendre le rôle de la technologie dans la réponse aux 	<ul style="list-style-type: none"> - Compétences du programme: CD1 et CD3 - Démarche - Grille - Communication - Planification

		besoins humains	
	SA2: Conception d'un lampion	- Savoir à répondre à besoin humain - Acquérir des concepts d'électricité - Analyser d'objet technologique	- Habiletés techniques
S19	SA1: conception d'un jouet pour handicapés	- Apprendre la démarche de conception comme telle - Savoir qu'il y a des gens qui ont des besoins (empathie)	- Étapes de la démarche
	SA2: conception d'un jouet pour enfants	- Maitriser les étapes de la démarche (cycle de conception): répétition ³⁷ - Savoir prendre de bonnes décisions.	- Autogestion - Contenu du portfolio - Étapes de la démarche

a) Apprentissages visés

Si on considère la liste des apprentissages visés, nous pouvons noter que l'abondance des objectifs en termes de type d'apprentissages (concepts scientifiques, concepts technologiques, compétences disciplinaires et transversales, etc.) varie considérablement en fonction non seulement de la situation d'apprentissage, mais aussi de l'enseignant.

Les types d'apprentissages visés illustrés dans le tableau 11 sont regroupés en neuf catégories. Notons qu'un sujet peut viser des apprentissages multiples. Donc, il faut tenir compte de ce facteur dans les statistiques présentées dans l'analyse. À titre illustratif, le sujet S1 a visé l'acquisition des concepts scientifiques, la résolution des problèmes technologiques ainsi que le transfert des connaissances. Il est par conséquent comptabilisé dans trois catégories différentes.

³⁷ Citation: «C'est sûr, quand tu fais plus que une fois, ça aide; mais une fois, ils oublient. Cette démarche-là, il faut leur montrer qu'on peut la répéter. On la fait une fois, la deuxième fois, on leur dit: Regarde, on utilise la même technique, puis après tu peux l'utiliser souvent cette technique-là».

Tableau 12
Catégories des apprentissages visés

Catégories des apprentissages visés		Sujet	Effectif
Concepts scientifiques		S1, S2, S5, S6, S7, S9, S13, S15, S16, S17, S18	12
Concepts technologiques		S2, S3, S4, S5, S8, S10, S12, S13, S15, S16, S17,	13
Compétences du programme		S10, S15, S16, S18	4
Habilité technique, utilisation des machines-outils et Fabrication d'objet		S3, S6, S7, S8, S12, S14, S15	7
Étapes de la démarche		S3, S10, S16, S19	4
Analyse d'objets technologiques		S15, S18	2
Résolution des problèmes technologiques		S1, S16	2
Intégration des contenus scientifiques et technologiques		S12	1
Apprentissages	<i>d'ordre psychologique</i> : persévérance, engagement, organisation, sécurité au travail, remise en question et acceptation de l'erreur.	S13, S14, S18	4
	<i>d'ordre sociologique</i> : travail en équipe et collaboration	S2, S3	2
	<i>d'ordre épistémologique</i> : transfert des connaissances, prise de décision, etc.	S1, S6, S9, S16, S18, S19	6
Visées émergentes	Empathie	S19	1
	Hors programme: compétition	S17	1

Le tableau 12 montre que la majorité des répondants (13 sujets) ciblent par l'activité de conception technologique l'acquisition ou l'application des concepts technologiques prescrits dans le PFEQ tels que les contraintes mécaniques, le guidage, les schémas technologiques, le cahier des charges, le transfert, la transmission du mouvement, etc. Les extraits ci-dessous illustrent ce constat.

Les objectifs sont beaucoup plus en lien avec les concepts prescrits comme les transmissions de mouvement, transformation de mouvement, la différence entre matériaux et matériels et l'intérêt du cahier des charges. (S4)

[...] il y avait des liaisons, des guidages, le schéma de principe, le schéma de construction, les types de forces, les types de mouvement. (S11).

Je veux qu'ils comprennent aussi lorsqu'il y a un système de transmission ou transformation de mouvement, il faut y avoir un guidage. (S13)

Au deuxième rang, 12 répondants visent la validation et l'application des concepts scientifiques du PFEQ tels que les circuits électriques, les notions de magnétismes, les leviers, les articulations du corps humain, etc. Nous présentons ci-dessous quelques extraits à l'appui:

C'est vraiment, c'est deux choses: synthèse de l'électricité, du module d'électricité dans le nouveau programme. Et l'ingénierie électrique, car c'est beaucoup les fonctions d'alimentation, d'isolation, de conduction. C'est vraiment assez plus dans les fonctions électriques. (S13)

À travers ça, j'ai également enseigné les concepts d'électricité aux élèves. Donc, les circuits électriques. On n'est pas nécessairement dans les aspects quantitatifs, on est resté dans des aspects qualitatifs pour l'instant. (S18)

Troisième rang, 12 sujets sur 19 visent des apprentissages divers qui sont d'ordre psychologique (4 sujets), d'ordre sociologique (2 sujets) et d'ordre épistémologique (6 sujets), comme l'illustrent les extraits suivants.

D'être capable de réaliser aussi qu'à un moment donné, je m'engouffre dans une solution qui ne fonctionne pas, puis je veux absolument que ça marche, ainsi être capable de reculer et de regarder et dire je me suis trompé. Pour moi, j'ai des élèves d'international, donc, c'est très dur pour eux d'admettre qu'ils ont tort. Ça ne fonctionne pas. (S12)

[...], Et puis le travail d'équipe, bien entendu, le partage des tâches, donc c'était différents objectifs (S3).

[...], et d'être capable aussi d'apprendre à s'organiser dans le temps quand on a le projet sur une longue séquence (S14).

L'idée de transfert, l'idée d'utiliser dans la vie de tous les jours ce qui a été appris. Le but c'était ça. (S1).

Au quatrième rang, 7 sujets sur 19 visent les habiletés techniques, l'utilisation des machines-outils et la fabrication d'objets. L'outil peut référer à une machine, un outil simple (scie, tournevis, perceuse, etc.) ou à un ordinateur. Les extraits ci-dessous sont à l'appui:

C'était aussi de leur permettre de manipuler des machines-outils, c'est ce qui était nouveau cette année pour développer des techniques de coupe, de perçage, etc. (S3)

Les apprentissages, c'est les circuits électriques. Le fonctionnement de l'aimant, du solénoïde. C'est-à-dire, même si tu l'expliques théoriquement, on a fait des défis où ils apprennent à préparer des circuits de différents niveaux, c'est-à-dire on part du plus petit jusqu'au plus compliqué. Fabrication de solénoïdes, le bobinage, l'action de l'aimant, etc. (S6)

Utiliser des logiciels des dessins à l'ordinateur. (S15)

Au cinquième rang, 4 sujets sur 19 visent particulièrement l'acquisition des étapes de la DCT. Quatre autres visent le développement des compétences disciplinaires du PFEQ.

Par rapport aux apprentissages, c'est consolider la compétence 2. (S16)

C'est la compétence 1 essentiellement avec quelques éléments de la compétence 2. Il y a la compétence 1 qui est continuellement développée parce qu'il y a le vocabulaire de recherche. C'est le développement des compétences essentiellement. (S18)

Quant au sixième rang, 2 répondants sur 19 visent l'analyse d'objet technologique et la résolution de problèmes technologiques.

Au septième rang, un sujet vise l'intégration des connaissances scientifiques et des connaissances technologiques dans la même activité. Dans ce même rang, deux autres sujets visent l'empathie et des compétences hors programme (esprit de compétition, concepts scientifiques avancés). Les extraits ci-dessous illustrent ces catégories:

La deuxième chose, de réaliser qu'autour de nous, il y a des gens qui ont des besoins différents des nôtres et de sentir ce besoin-là [*empathie*]. (S19)

Cette SAE est destinée plus aux élèves de secondaire 4 pour les préparer à une compétition entre des élèves du secondaire au niveau de la Commission scolaire. C'est une tâche qui était longue à faire. Donc, malheureusement dans cette tâche, il n'y avait pas d'apprentissage particulier. (S17)

En somme, les résultats des réponses à la question portant sur les apprentissages visés montrent que les visées les plus populaires sont, par ordre décroissant, l'acquisition ou l'application des concepts technologiques (13 sujets), la validation ou l'application des concepts scientifiques (12 sujets), ainsi que les apprentissages divers (12 sujets): le développement des habiletés manuelles et techniques et l'application de la DCT.

Seulement 4 sujets disent viser directement l'application de la DCT. En d'autres mots, l'application des étapes de la DCT ne sont pas la finalité de la majorité des activités de conception mises en œuvre par les répondants. Cela peut s'expliquer par le fait que nous avons classé dans cette catégorie des sujets qui disent explicitement qu'ils visent l'application de la DCT.

b) Évaluations prévues

Lorsque nous avons choisi de poser la question portant sur les évaluations prévues pendant les activités de conception technologique, nous étions conscients que les évaluations sont des éléments cruciaux dans le processus d'apprentissage. D'une façon générale, les évaluations sont utilisées pour valider les apprentissages des élèves pendant ou à la fin d'une activité d'apprentissage. Lorsque l'évaluation s'effectue tout au long de l'activité d'apprentissage, elle est qualifiée d'évaluation formative, comme le souligne le Centre pour la recherche et l'innovation dans l'enseignement (2008) ainsi:

Dans les classes, l'évaluation formative désigne les évaluations interactives fréquentes des progrès et des acquis des élèves afin d'identifier les besoins et d'ajuster l'enseignement en conséquence. Les enseignants qui utilisent des méthodes et des techniques d'évaluation formative sont mieux préparés pour répondre à la diversité des besoins des élèves – en différenciant et en adaptant leur pédagogie, pour améliorer le niveau des élèves et l'équité des résultats. (*Ibid.*, p. 1)

Cependant, lorsque l'évaluation s'effectue à la fin d'une activité ou d'une unité de formation, elle est qualifiée d'évaluation sommative. Nous pensons aussi que les enseignants évaluent habituellement ce qu'ils considèrent important et ce qui mérite d'être appris.

Ainsi, nous avons analysé en détail les réponses à la question portant sur les éléments évalués présentés dans le tableau 11 ci-dessus que nous catégorisons en évaluation formative et évaluation sommative dans le tableau 13. Notons que nous avons catégorisé l'évaluation du portfolio dans l'évaluation sommative puisque les enseignants disent qu'ils le ramassent à la fin de l'activité seulement. De plus, bien que nous utilisions le portfolio, les termes employés par les répondants sont divers: journal de bord, cahier de conception, document d'accompagnement, parfois aussi cahier des charges, etc.

Tableau 13
Catégories des éléments évalués

Sujet	Évaluation formative	Évaluation sommative
S1	- Avancement du travail - Critères d'évaluation établis - Gestes posés	-Analyse d'un objet - Portfolio: journal de bord
S2	- Produit final	- Portfolio: concepts prescrits, journal de bord
S3	- Produit final	- Portfolio: concepts scientifiques
S4	- Démarche elle-même - Maîtrise des concepts - Produit final - Habiletés techniques	- Portfolio
S5	- Produit final	- Examen proposé par une maison d'édition - Rapport d'excursion (visite d'Hydro-Québec) - Schémas
S6	- Habiletés techniques - Respect de gamme de fabrication - Produit final - Respect du cahier des charges - Itérations	- Portfolio
S7	- Habiletés techniques - Produit final - Application des concepts scientifiques - Respect du cahier des	- Portfolio - Schémas

Sujet	Évaluation formative	Évaluation sommative
	charges	
S8	N/A	- Portfolio
S9	- Débat - Esprit de compétences	N/A
S10	- Habiletés techniques	- Portfolio
S11	- Produit final - Imagination de l'élève - Communication	- Portfolio: schémas
S12	- Habiletés techniques - Utilisation d'outils	- Portfolio: concepts scientifiques et technologiques
S13	- Évaluation des pairs	- Examen écrit sur les concepts scientifiques et technologiques - Portfolio: cahier des charges, schémas
S14	- Habiletés techniques - Utilisation d'outils - Produit final	N/A
S15	- Réflexion - Produit final - Respect du cahier des charges	- Portfolio
S16	- Produit final	- Portfolio: concepts scientifiques et technologiques
S17	- Produit final - Respect du CdC - Dessins techniques - Avancement du projet	N/A
S18	- Application de la démarche - Communication - Prise de décision	N/A
S19	- Persévérance - Autogestion - Méthodologie	- Portfolio: dossier de conception

N/A: évaluation non appliquée.

Comme le montre le tableau 13, la totalité des enseignants répondants, à l'exception du sujet S8, accorde une importance à l'évaluation formative. Quant à l'évaluation sommative, 15 sujets sur 19 ont prévu d'évaluer les apprentissages des élèves à la fin de l'activité de conception. Ceci étant effectué soit à l'aide d'un examen écrit portant sur les concepts scientifiques et technologiques reliés à l'activité de conception vécue en classe, soit au moyen d'un portfolio contenant toute la planification de l'élève, ses schémas et dessins, sa réflexion, etc. Un seul enseignant a évalué, en plus des

connaissances théoriques, un rapport d'excursion à une centrale électrique d'Hydro-Québec.

Bien que nous n'ayons pas réalisé d'analyse statistique des questions portant sur les apprentissages visés et les éléments évalués, nous constatons qu'il y a une concordance entre les apprentissages visés et les éléments évalués pendant la conception.

Deux sujets semblent avoir une opinion différente de celle de la majorité des répondants. Il s'agit des sujets S17 et S18.

Le sujet S17, dans sa deuxième situation d'apprentissage SA2³⁸, reconnaît qu'il n'y a pas d'apprentissages prescrits dans le PFEQ, mais l'activité s'inscrit dans la politique de la commission scolaire qui organise une compétition à chaque fin de l'année. Il indique aussi qu'il n'a prévu aucune évaluation autre que le produit final et la compétition, mais il a évalué quand même les dessins techniques et l'avancement du travail.

En ce qui concerne le sujet S18, dans sa deuxième situation, il affirme avoir pour objectif non seulement le transfert des connaissances, mais également l'acquisition des concepts scientifiques et l'analyse d'objets technologiques. Cependant, il a évalué les habiletés techniques seulement.

En somme, la synthèse des réponses des sujets à l'égard des évaluations prévues montre que presque tous les répondants, sauf un, font appel à l'évaluation formative tout au long de la DCT, alors que l'évaluation sommative est appliquée par 15 sujets sur 19, soit par l'entremise du portfolio recueilli à la fin de la conception dans la plupart des cas, soit par un examen de fin de module.

Dans la section suivante, nous présentons les défis auxquels les acteurs (élèves, enseignant et technicien) ont fait face pendant la mise en œuvre de la DCT.

³⁸ S17 enseigne en parcours ST (Science et technologie) et en parcours ATS (Application scientifique et technologique) et la SA2 est en ATS.

2.3 Les défis ou difficultés rencontrés

Les défis ou les difficultés renvoient ici à tout problème ou obstacle que l'élève, l'enseignant ou le technicien rencontre, du point de vue de l'enseignant seulement. Nous résumons ces défis dans le tableau 14 ci-dessous.

Tableau 14
Défis rencontrés par différents acteurs de la DCT du point de vue de l'enseignant

Sujet	Défis élève	Défis enseignants	Défis technicien
S1	<ul style="list-style-type: none"> - Manipulation réfléchie - Poser de bonnes questions - Faire des liens (théorie-pratique) - Manque de rigueur 	<ul style="list-style-type: none"> - Formulation du problème 	<ul style="list-style-type: none"> - RS³⁹
S2	<ul style="list-style-type: none"> - Gestion de temps - Imagination - Situations nouvelles 	<ul style="list-style-type: none"> - Problème d'équipement (perceuse n'a pas fonctionn 	<ul style="list-style-type: none"> - Diversité des projets - Équipement - Préparation du matériel
	<ul style="list-style-type: none"> - Propriétés des matériaux 	<ul style="list-style-type: none"> - RS 	<ul style="list-style-type: none"> - Matériel - Contrainte de temps
S3	<ul style="list-style-type: none"> - Habiletés manuelles - Pratique - Imagination 	<ul style="list-style-type: none"> - Ressources didactiques - Diversités de projets 	<ul style="list-style-type: none"> - Gestion du matériel
S4	<ul style="list-style-type: none"> - Situations nouvelles - Connaissances erronées - Représentations graphiques - Cerner le problème 	<ul style="list-style-type: none"> - Gestion - Équipement - Motiver les élèves 	<ul style="list-style-type: none"> - Gestion du matériel - Logistique
S5	<ul style="list-style-type: none"> - Situations nouvelles - Débrouillardise - Équipement 	<ul style="list-style-type: none"> - Disponibilité de du technicien 	<ul style="list-style-type: none"> - RS
S6	<ul style="list-style-type: none"> - Élément déclencheur - Habiletés techniques 	<ul style="list-style-type: none"> - Formation 	<ul style="list-style-type: none"> - Équipement - Planification et gestion
	<ul style="list-style-type: none"> - Habiletés techniques - Gaspillage - Motivation 	<ul style="list-style-type: none"> - Pas de problème 	<ul style="list-style-type: none"> - RS
S7	<ul style="list-style-type: none"> - Équipement 	<ul style="list-style-type: none"> - Formation - Accessibilité à l'atelier 	<ul style="list-style-type: none"> - Nombre d'élèves
S8	<ul style="list-style-type: none"> - Réflexion - Dessins 	<ul style="list-style-type: none"> - Équipement - Assurer la sécurité 	<ul style="list-style-type: none"> - Assurer la sécurité - Gestion du matériel
S9	<ul style="list-style-type: none"> - Élément déclencheur 	<ul style="list-style-type: none"> - Gestion des questions - Équipement - Collaboration - Formation 	<ul style="list-style-type: none"> - SO⁴⁰
	<ul style="list-style-type: none"> - Dessins et traçage - Conversion des mesures (maths) 	<ul style="list-style-type: none"> - Évaluation cohérente 	<ul style="list-style-type: none"> - Formation des techniciens

³⁹ RS : rien à signaler.

⁴⁰ SO: sans objet.

Sujet	Défis élève	Défis enseignants	Défis technicien
S10	- Utilisation d'outils		
	- Élément déclencheur - Habiletés techniques	- RS	- SO
S11	- Ambition - Gestion de temps	- Gérer le travail en équipe - Gérer le besoin	- Matériel
S12	- Habiletés techniques - Utilisation d'outils	- Gestion du besoin - Trop d'informations - Gestion du rythme - Formation	- RS
S13	- Élément déclencheur - Organisation - Habiletés techniques	- Gestions des questions	- Gestion de la demande
	- Habiletés techniques	- Assurer la sécurité	- Assurer la sécurité
S14	- Comprendre les schémas - Habiletés techniques	- Nombre d'élèves - Gestion des questions - Trop d'information - Avoir l'attention des élèves	- Planification des élèves
S15	- Utilisation d'outils - Ambition - Élément déclencheur - Recherche	-Gestion du matériel	- Matériel
S16	- Réalisation - Liens avec les concepts scientifiques	-Objet fonctionnel	- RS
	- Liens avec les concepts scientifiques	- Pas de problème	- RS
S17	- Utilisation d'outils - Concepts scientifiques non adéquats - Méthode	- Concepts scientifiques non adéquats au niveau	- RS
	- Dessins techniques - Fabrication - Assemblage	- Concepts hors programme	- RS
	- commande des matériaux - Motivation - Réflexion	- Pas de problème	- Livraison du matériel
S18	- Équipe efficace	- Gestion du matériel - Gestion des équipes	- SO
	- Réflexion sur la démarche - Transfert	- Motivation des élèves	- SO
S19	- Réflexion sur la démarche - Transfert	- Rythme d'avancement	- Gestion des élèves - Équipement

a) Défis élève du point de vue de l'enseignant

Nous synthétisons dans le tableau 15 les résultats des défis élève présentés dans le tableau 14.

L'analyse du discours de l'enseignant montre que les difficultés les plus ressenties que les élèves rencontrent sont d'ordre psychosocial (14 sujets sur 19) comme l'illustrent les extraits suivants:

Garder leur motivation peut devenir un enjeu, puis ils ont tendance à délaissier le projet, puis à se désintéresser. (S18)

Ils peuvent commencer par les mécanismes, et si ça ne marche pas on répare le mécanisme, après ça, on fait le *flash out*. (S13)

C'est s'entourer d'une équipe qui est capable de répondre aux besoins dans les délais prescrits. (S18)

Tableau 15

Défis et difficultés rencontrés par les élèves du point de vue de l'enseignant

Catégorie du défi	Sujets	Effectif
D'ordre technique	S1, S3, S4, S6, S8, S10, S12, S13, S14, S15, S17	11
D'ordre psychologique et social	S1, S2, S3, S4, S5, S6, S8, S11, S13, S15, S16, S17, S18, S19	14
D'ordre du matériel et de l'équipement	S5 et S7	2
D'ordre conceptuel	S4, S6, S10, S17	4
Situation nouvelle - élément déclencheur	S2, S4, S5, S6, S9, S10, S13, S15	8

Onze sujets déclarent que les difficultés principales rencontrées par les élèves sont d'ordre technique tel qu'utiliser des outils, prendre des mesures, faire les dessins, etc.

Il y a ceux qui sont déjà très habiles manuellement pour construire, et d'autres, ils n'ont vraiment pas d'habileté, ils sont moins habitués. Donc, ça devient difficile pour eux. Ils ont planifié ce qu'ils voulaient faire. Ils l'ont imaginé dans leur tête. Ils l'ont rédigé, mais quand ils arrivent pour le faire, c'est plus difficile qu'ils le pensaient. Ça manque plus de délicatesse, de finesse qu'ils pensaient. (S3)

Il y a aussi l'habileté parfois à utiliser les outils en sécurité. C'est ce qui me fait croire qu'ils ne sont pas prêts, en secondaire 2, à aller dans l'atelier. (S10)

Plusieurs autres répondants, 8 sujets, trouvent qu'il est difficile pour l'élève d'entamer les situations nouvelles. Ils indiquent que leurs élèves ne savent pas par quoi commencer. D'après eux, il manque alors l'élément déclencheur. Donc, ils sont obligés de guider les élèves pour trouver cet élément manquant. Voici ci-dessous quelques extraits à l'appui.

[...], eh, ils n'avaient jamais fait ça. (S5)

Je dirais que certains élèves avaient beaucoup de misère à démarrer. (S9)

Quatre sujets parmi les 19 constatent que certains élèves éprouvent des difficultés d'ordre conceptuel. Deux sujets font référence soit aux difficultés d'ordre mathématique ou aux problèmes d'équipement.

C'est sûr que le circuit électrique et la soudure, c'étaient les plus difficiles, parce qu'il ne faut pas se tromper dans les parties «série» et «parallèle» lors de l'installation des diodes (DEL). (S12)

[...] c'est beaucoup plus mathématique (S6).

Il y en a ceux qui ne sont pas capables de convertir ça [*millimètre*] en cm (S10).

En somme, les résultats de cette section montrent la perception qu'ont les enseignants des défis auxquels les élèves font face pendant leurs apprentissages de la conception technologique. Selon les répondants, les difficultés que la majorité des élèves éprouvent pendant la conception se réduisent aux tensions sociales au sein de l'équipe, aux problèmes d'ordre technique ou d'équipement. Très peu de sujets ont fait référence aux défis d'ordre conceptuel (seulement 4 sujets).

b) Défis rencontrés par l'enseignant

Dans le tableau 16, nous synthétisons les difficultés que les sujets ont rencontrées ou s'attendent à rencontrer pendant la mise en œuvre des situations de la DCT décrites pendant l'entrevue.

Nous constatons de cette analyse que les difficultés d'ordre didactique et de formation sont les plus ressenties (10 sujets sur 19). Nous présentons ci-après quelques extraits à l'appui.

Moi-même, je ne vous le cache pas, [...], je n'ai pas eu assez de formation en technologie. (S6)

Les connaissances d'abord, parce que tu dois répondre à toutes les questions. Les matériaux à utiliser et comment les manipuler. (S9)

C'était dans la cohérence dans la correction de la boîte. (S10)

C'est ça, chaque équipe à des questions et pour être capable de répondre à toutes, ça c'est la plus grosse difficulté. (S14)

Tableau 16
Difficultés rencontrées par l'enseignant lui-même

Catégories	Sujets	Effectif
Matériel et équipement de l'atelier	S2, S4, S8, S15, S18	5
Didactique (formation, ressources didactiques, formulation du problème, évaluation cohérente, trop d'informations, artefact, concepts adéquats)	S1, S3, S6, S7, S9, S10, S12, S14, S16, S17	10
Social (gestion du besoin et des travaux d'équipe, sécurité, collaboration avec les collègues)	S8, S9, S11, S12, S13, S14, S18, S19	8
Psychologique (motivation des élèves)	S4, S19	2
Contexte scolaire (disponibilité du technicien, nombre élevé d'élèves)	S5, S7, S14	3

Au deuxième rang, les difficultés d'ordre social sont rencontrées par 8 répondants. Nous avons placé dans cette catégorie les difficultés associées à la gestion du besoin et

des travaux d'équipe, à la sécurité et à la collaboration avec les collègues. Les extraits à l'appui en témoignent:

Même si je suis toujours avec la technicienne, c'est que parfois plusieurs élèves ont besoin d'aide en même temps. Donc, être en atelier c'est demandant. Donc, c'est peut-être les principales difficultés que je vois dans ce projet-là. (S11)

Eh... chaque élève construit sa propre lampe de poche. Donc, chaque élève a des millions de questions. Et on est tout seul avec le technicien. (S12)

Il faut s'assurer que tout le monde travaille, parce qu'il y en a toujours, en travail d'équipe, des fois je trouve le travail d'équipe difficile, parce qu'il y a ceux qui ne travaillent pas. (S11)

Il y a des élèves très vite et il y a ceux qui sont très longs. Donc, ils ne sont jamais rendus au même endroit, donc, il faut vraiment connaître bien le projet pour être capable de répondre aux questions de toute la classe. (S12)

Ensuite, les défis d'ordre de l'équipement et du matériel arrivent en troisième position (5 sujets sur 19).

Au niveau du matériel disponible, ce que l'élève ou ce que l'école pouvait fournir, je trouve que c'est limité. (S3)

En outre, les défis associés au contexte scolaire occupent la quatrième position. Les répondants disent qu'ils ont rencontré quelques défis relatifs soit à la disponibilité du technicien, soit au nombre élevé d'élèves dans les classes.

La difficulté principale c'était la disponibilité de ma technicienne. (S5)

Il y avait aussi la contrainte de l'atelier, on ne pouvait pas l'utiliser à tout moment. Donc, l'horaire était une restriction. (S7)

La plus grosse difficulté, c'est le plus grand nombre d'élèves dans la classe pour être capable de répondre à toutes les questions. (S14)

Les défis d'ordre psychologique arrivent au dernier rang. Deux répondants disent rencontrer des défis relatifs à la motivation des élèves, comme en témoigne l'extrait suivant:

On dirait que c'est une démarche qui est longue. Donc, à un moment donné, les élèves perdent un peu de la motivation. (S19)

En somme, les résultats de cette section montrent que les défis d'ordre didactique et d'ordre social sont ceux étant le plus largement annoncés par la majorité des répondants. Ces défis sont directement connectés à la formation des enseignants.

c) Défis rencontrés par les techniciens du point de vue de l'enseignant

Quant aux difficultés éprouvées par le technicien selon l'analyse du discours de l'enseignant, les résultats de l'analyse sont présentés dans le tableau 17.

Tableau 17
Catégories des difficultés rencontrées par le technicien

Catégories	Sujets	Effectif
Préparation et gestion du matériel	S2, S3, S4, S8, S11, S15, S18	7
Équipement	S2, S6, S19	3
Compétence et formation du technicien	S6, S10	2
Effectif et diversité des projets	S1, S7	2
Sécurité	S8, S13	2
Gestion du besoin	S13	1
Préparation de l'élève	S14	1
Contrainte du temps	S2	1
Contrainte d'atelier	S19	1

Le tableau 17 montre que les répondants se souviennent que pendant l'activité de conception, les techniciens avaient rencontré principalement des difficultés d'ordre de la gestion du matériel (7 sujets sur 19) et d'ordre de l'équipement disponible (3 sujets).

Elle [technicienne] n'avait pas accès à assez de matériel. Donc, je peux dire la gestion du matériel, ça c'était un problème pour elle, parce qu'il y avait beaucoup de matériel qu'elle devait fournir aux élèves et il y avait beaucoup de perte. (S11)

Au troisième rang, deux répondants disent que la formation ou la compétence des techniciens était ressentie pendant la mise en œuvre du projet. Deux autres sujets pensent que les techniciens ont rencontré des difficultés relatives au nombre élevé d'élèves et à la

diversité des projets dans un même espace-temps. Un sujet dit que les techniciens ont rencontré des difficultés relatives à la sécurité au travail.

Elle [technicienne] n'est pas à l'aise à couper le coroplaste. Elle n'est pas formée pour ça. Alors, elle a refusé de le couper. (S10)

Je pense que de son côté [technicienne], l'élève arrive des fois pas préparé aux machines. Puis là, des fois, il ne sait pas est-ce qu'il va faire un trou avec une mèche par exemple de 1/4 ou une mèche de 1/2, fait que l'élève n'a pas préparé son morceau de bois, puis il ne sait pas à quelle machine il doit aller exactement. (S14)

La technicienne, donc c'était tout simplement par rapport à un groupe de 30 élèves c'est une surcharge de travail. Une technicienne par rapport à tout le groupe, c'est énorme. Utiliser les machines-outils avec un groupe de 30 élèves et une technicienne, c'était quand même trop. La moitié d'une classe pour une technicienne, c'est le maximum qu'il faut. (S7)

3 LES OBJECTIFS ET FINALITÉS DE L'ENSEIGNEMENT DE LA DCT

3.1 Les principales caractéristiques de la DCT

Nous présentons dans le tableau 18 les résultats à la question B suivante:

B 3. En vous basant sur les deux SAE que vous venez de décrire et sur votre expérience d'enseignement en général, comment définiriez-vous la démarche de conception technologique?

En d'autres termes, si vous aviez à expliquer à un collègue ce qu'est «la démarche de conception technologique», quelles seraient les principales caractéristiques que vous utiliseriez pour lui définir cette démarche?

Notons que les réponses des sujets à cette question sont très divergentes. Pour des raisons d'analyse, nous avons donc synthétisé dans le tableau 18 les principales caractéristiques de la DCT avancées par les répondants.

Tableau 18
Principales caractéristiques de la DCT

Caractéristiques	Sous-catégorie	Sujets	Nombre de sujets
DCT comme démarche d'investigation (recherche de la solution par l'élève)	Cerner le problème	S1, S2, S3, S4, S5, S8, S15, S16, S18, S19	10
	Planifier les étapes		
	Fabriquer et optimiser la solution		
Démarche de fabrication (les étapes de la démarche sont fournies par l'enseignant)	Travail en équipe	S6, S7, S12, S14, S17	5
	Cahier des charges		
	Utilisation des outils		
	Suivre les étapes		
	Fabrication		
Démarche partiellement d'investigation (recherche partielle de la solution par l'élève)	Problème ou besoin	S9, S10, S11, S13	4
	Cahier des charges		
	Schématisation		
	Utilisation d'outils		
	Essais		

Les sujets qui caractérisent la DCT comme démarche d'investigation (10 sujets) laissent la recherche de la solution du problème à l'élève. Cette perspective implique l'élève dans l'analyse et la compréhension du problème, la planification des étapes de la DCT, pour enfin fabriquer, tester et optimiser la solution, comme l'illustrent les extraits ci-dessous.

On va leur demander de dresser la gamme de fabrication de leur produit. Donc, toutes les étapes détaillées, le matériel utilisé, les outils, etc. le temps qu'ils estiment travailler dessus, faire une répartition des tâches au sein de leur équipe. Une fois que c'est fait, là, ils vont se mettre à la conception en atelier pour construire. (S3)

La DCT est une méthode qui permet à un individu d'utiliser ses connaissances scientifiques ou techniques pour réaliser un objet technologique qui sert à un besoin technique. (S4)

Et voir si c'est faisable. Si c'est faisable, on passe, on l'attaque et on va le réaliser. (S9)

Puis, par la suite, voir si mon objet est utile pour la communauté, puis on entame la fabrication à grande échelle. (S11)

De choisir la meilleure solution. Puis ensuite, on passe à la partie fabrication. (S14)

Faire les différents types de dessins. Ensuite, faire un retour pour vérifier si ça marche où ça ne marche pas. Pour ensuite passer à la fabrication. (S17)

Huit autres répondants sur 19 caractérisent la DCT par le contexte du travail en équipe, par le cahier des charges, par la manipulation des outils et l'application des étapes de la DCT. Dans cette logique, la solution, ainsi que les étapes à suivre sont fournies par l'enseignant. La plupart des sujets dont les réponses s'inscrivent dans cette catégorie disent qu'ils transmettent aux élèves la meilleure façon de faire et les guident vers la solution attendue. En effet,

ça aurait été mieux, c'est-à-dire, si on pouvait soit voir une animation d'un circuit électrique, avec l'emplacement de l'aimant et d'un solénoïde pour que l'élève voie ça de manière visuelle. Comme ça, lors de l'emplacement, il saura la manière de placer l'aimant, comment l'orienter, etc. (S6)

Il faut que je leur donne de bonnes méthodes de travail. D'être capable de visualiser l'objet dans l'espace. Être capable de comprendre la finalité de l'objet. (S16)

On lui [élève] montre la meilleure façon de faire. De toute façon, on doit les guider. La forme ça reste à l'élève de la choisir, mais comment fabriquer une poutre; on lui montre ça. (S17)

Les répondants de la dernière catégorie considèrent la DCT comme une démarche d'investigation partielle. Dans cette logique, l'élève participe partiellement à la recherche de la solution au problème. À titre illustratif, l'enseignant fournit le problème et le cahier des charges, nomme l'objet à construire, mais laisse les schémas et la construction à l'élève. Quatre sujets parmi les 19 s'inscrivent dans cette perspective. Pour eux, la DCT se caractérise essentiellement par la présence d'un problème ou un besoin à combler, par un cahier des charges élaboré, par la schématisation, par l'utilisation d'outils et par les essais sur le prototype.

En somme, cette section nous permettra d'analyser non seulement la manière dont les enseignants comprennent la DCT, mais aussi de nous informer sur les approches pédagogiques utilisées par les enseignants.

3.2 La DCT vs la DIS: différences et points communs

Dans cette section, nous présentons les réponses des répondants à la question suivante:

B 4. Le programme prône la démarche d'investigation scientifique (DIS) pour les sciences et la démarche de conception technologique (DCT) pour la technologie.

Pouvez-vous nous illustrer, en s'appuyant sur des exemples, quels sont les différences et les points communs entre ces deux démarches?

a) Les caractéristiques communes

Si tous les répondants pensent que les deux démarches ont non seulement des différences, mais aussi des points communs, leurs réponses varient d'un sujet à l'autre. Ainsi, nous présentons d'une manière synthétique, dans le tableau 19, l'analyse des réponses des répondants à la question B 4.

Nous constatons de cette synthèse que 8 sujets sur 19 pensent que la DIS et la DCT possèdent des étapes semblables. Dans cette catégorie, nous avons combiné des réponses des sujets qui disent que toutes les étapes ou quelques-unes sont semblables.

Tableau 19
Caractéristiques communes entre la DIS et la DCT

Catégories communes	Sujets	Effectif
Étapes semblables	S1, S2, S3, S4, S9, S14, S16, S17	8
Démarches de résolution de problème	S15, S19	2
Mêmes finalités	S1, S4	2
Utilisation des concepts scientifiques	S7	1
Démarches d'investigation	S10, S11	2
Démarches précises	S12	1

Nous présentons quelques extraits à l'appui de ces constats.

Ça ressemble beaucoup. En technologie, on débute, on fait la recherche. Puis on fait la conception, puis là on fabrique. Puis après ça, on évalue ce que nous avons fabriqué, puis on tire nos conclusions. Face à ça, bien, la démarche scientifique, on fait la même affaire, puis assez souvent, on fait la recherche qu'on est rendu dans l'analyse. (S2)

Alors, les deux démarches sont très semblables selon moi, c'est seulement le vocabulaire qui va changer. Pour que je résolve une situation en technologie ou en science, tout d'abord, je me pose un problème, je me pose une question de départ. Ensuite de ça, je propose une solution. (S3)

Les deux ont une question ou une problématique de départ. (S14)

Les points communs, c'est toujours le protocole. Sur le protocole, c'est à peu près les mêmes. (S16)

Le tableau 19 montre également que deux sujets sont d'avis que les deux démarches ont comme finalité la résolution de problème. Deux autres sujets affirment que les deux démarches sont deux démarches d'investigation. Le même nombre estime que leurs objectifs sont semblables: fabrication d'un objet pour la technologie ou la réponse à une question ou hypothèse pour la science. Les extraits suivants en témoignent:

Oui bien sûr, [...], elles ont un problème, et il faut trouver la solution à ce problème-là. (S15)

Les points communs, elles sont deux démarches de résolution de problème. (S19)

Moi, je pense que ces deux démarches sont simplement, dans ces deux démarches, les objectifs sont les mêmes. (S1)

L'un des répondants pense que les deux démarches ont en commun l'utilisation des concepts scientifiques.

C'est sûr, il y a des points communs et des différences. Les points communs c'est que ça reste toujours dans la théorie, c'est-à-dire, des concepts scientifiques. (S7)

b) Les différences entre les deux démarches

En réalité, l'analyse des différences entre la DCT et la DIS nous semble un peu difficile à cerner, car les réponses dépendent principalement de la formation de base et

continue des répondants. Nous synthétisons dans le tableau 20 l'analyse des réponses sur les différences entre les deux démarches.

Tableau 20
Différences entre la DCT et la DIS

Catégories	Sujets	Effectif
Clientèle visée	S1	1
Départ-arrivée	S1	1
Finalité	S3, S4, S6, S13, S14, S15, S16	7
Recherche - DCT: au début - DIS: à la fin	S2, S11	2
Lieu -DCT: Atelier -DIS: Labos	S3, S15	2
Solutions - DCT: plusieurs - DIS: unique	S3, S14	2
Itération - DCT: itérative - DIS: peu itérative	S2, S8, S9, S13	4
Étapes différentes	S3, S9, S11, S15, S16, S17	6
Produit final	S4, S6, S7, S11, S12, S13, S14, S16, S17, S18, S19	11
Pratique vs théorique - DCT pratique, manuelle - DIS: théorique	S5, S10	2
DCT: utilise des connaissances scientifiques DIS: modélisation	S5, S18	2
Schématisme et graphique	S6	1
Évaluation	S19	1

L'un des premiers constats que nous pouvons faire à partir du tableau 20, c'est que 11 sujets affirment que les deux démarches se distinguent au niveau du produit final. Selon les répondants, le produit final pour la DCT est un produit technologique issu de la

démarche, et pour la DIS, c'est un rapport de laboratoire ou à la limite un article scientifique. Nous présentons quelques extraits à l'appui.

Alors, les deux, c'est plus vers la fin qu'on va voir qu'il y a une différence. Pour la DCT, on a un objet technique à la fin, OK, qui doit répondre au besoin qui a été exprimé dans le problème. Alors pour la DIS, on a à comprendre un phénomène suite à une investigation qu'on fait ou bien analyser ou composer des solutions suite à l'investigation qu'on a fait. (S4)

[...], mais dans la partie technologie, il y a quand même, il y a la partie conception d'un nouvel objet ou d'un outil à considérer en technologie. C'est ça la différence. (S6)

En technologie, la différence c'est qu'on essaye d'avoir un produit qui est plus concret. La fabrication d'un objet par exemple. La compréhension de ce qui est autour de nous. Tandis qu'en laboratoire, si on utilise par exemple des solutions, les élèves, ce n'est pas nécessairement des choses qu'ils voient dans leur quotidien. (S12)

Au deuxième rang, sept sujets distinguent les deux démarches par leur finalité. Ils indiquent que la finalité de la DIS c'est de comprendre ou de répondre à une question sur les phénomènes naturels, alors que pour la DCT c'est de concevoir un objet pour répondre à un besoin humain.

Six des sujets croient que les deux démarches sont différentes au niveau de leurs étapes. Ce résultat ne concorde pas avec ce que nous avons constaté sur les points communs des deux démarches explicitées ci-dessus où 8 sujets pensent que les deux démarches se ressemblent au niveau de leurs étapes. Les extraits ci-dessous illustrent ce constat.

Moi, je trouve qu'il y a une différence entre les deux. C'est-à-dire, la conception d'un laboratoire, le protocole, le but de laboratoire, c'est sûr en techno on peut utiliser c'est quoi le but, c'est la conception. L'hypothèse, le matériel, etc. Est-ce qu'on est obligé d'émettre une hypothèse dans le cadre d'une conception technologique? Je ne pense pas, parce que je peux prévoir déjà le résultat à obtenir facilement. (S6)

Au laboratoire, on parle d'une observation, on se pose une question, on émet une hypothèse. Après ça, on va faire une expérience. On va récolter des données [...] et on va conclure. Si je prends la DCT, on a un problème. [...] Cerner le problème. Par la suite, il faut que

j'imagine un scénario de conception technologique. [...] Et on analyse nos résultats. Donc, ça ressemble. Donc, je pense, le jeu de billes rassemble pas mal les étapes de la démarche. (S8)

Quatre sujets les distinguent par le fait qu'ils considèrent que la DCT est itérative ou cyclique, contrairement à la DIS qui est rigide.

En science on ne le fait pas, on n'a pas ce retour-là. On a le moindre retour sur la démarche. (S2)

La DIS est plus rigide par rapport à la DCT. (S13)

D'autres différences qui se dégagent entre les deux démarches sont, pour deux sujets, le lieu de réalisation (le laboratoire pour la science et l'atelier pour la technologie), plusieurs solutions pour la DCT et une solution unique pour la DIS, ainsi que pratique pour la DCT et théorique pour la DIS. Nous présentons quelques extraits à l'appui.

Juste les outils vont changer, ça va être le matériel de laboratoire en science et les outils de l'atelier en technologie. (S3)

Dans la DCT, il faut aller à l'atelier pour concevoir un objet. La DIS ça peut se faire même sans laboratoire. (S15)

Pour que je résolve une situation en technologie ou en science, tout d'abord, je me pose un problème, je me pose une question de départ. Ensuite de ça, je propose une solution. Donc, en science par contre, on ne prendra pas plusieurs solutions possibles, on va juste demander à un élève d'émettre une seule hypothèse et non pas plusieurs contrairement à la technologie où on demande plusieurs possibilités de produit. Donc, ça, c'est des différences. (S3)

À la dernière position arrivent des différences un peu particulières (un sujet). Le sujet (S1) évoque que les deux démarches ne visent pas la même clientèle. Pour lui, «elle [la DCT] est destinée aux élèves qui ont de la difficulté à maîtriser des concepts théoriques, mais qui ont des compétences très manuelles» (S1).

En ce qui concerne la catégorie que nous avons appelée «départ-arrivée», nous faisons référence au propos suivant du sujet S1: «l'une [DIS] part des connaissances pour aller vers l'objet technique. L'autre [DCT] part de l'objet technique pour revenir vers les connaissances».

3.2.1 Les finalités de la DCT

Nous présentons dans le tableau 21 la synthèse des réponses des sujets concernant la question des finalités de la DCT suivante:

B 5. Selon vous, que devraient être les principaux objectifs (finalités) de l'enseignement de la démarche de conception au secondaire (DCT)?

En d'autres termes, pouvez-vous citer jusqu'à cinq raisons pour lesquelles il vous semble important ou nécessaire d'enseigner la DCT au secondaire?

Comme le montre le tableau 21, les finalités les plus visées par les répondants sont soit le développement des savoir-faire (11 répondants), soit les finalités d'ordre psychopédagogique (11 répondants). Rappelons qu'un répondant peut poursuivre plusieurs finalités.

Tableau 21
Les finalités de l'enseignement de la DCT au secondaire

Finalités visées	Sous catégories	Sujets	Effectif
Savoirs conceptuels	Faire de la modélisation	S9	8
	Développer des connaissances	S18	
	Développer un jargon technologique	S19	
	Faire des liens et le transfert	S1, S6, S7	
	Comprendre et concevoir des objets	S3, S8, S16, S18	
Savoir-faire	Avoir une bonne méthode de travail	S3, S6, S13, S14	11
	Développer des habiletés manuelles, techniques, fabrication, etc.	S10, S11, S16, S19	
	Développer la compétence de recherche	S13	
	Apprendre la DCT	S15, S17	
	Savoir s'orienter dans l'espace et faire les dessins 3D	S16	
	Savoir utiliser des machines-outils	S18	
Finalité d'ordre social	Responsabiliser les élèves, environnement, bonnes décisions, bon citoyen	S6, S9, S14	7
	Poursuivre des études	S5, S6, S7	
	Faire son choix de carrière	S5, S8, S12	

Finalités visées	Sous catégories	Sujets	Effectif
	Penser au futur	S12	
Finalités d'ordre psychopédagogique	Sensibiliser les élèves	S9, S14, S18	11
	Se questionner	S3	
	Développer la réflexion de l'élève	S6, S9, S15	
	Développer l'imagination	S10, S11	
	Développer la rigueur	S19	
	Développer des compétences intellectuelles	S2	
	Faire la différenciation pédagogique	S18	
	Donner le goût aux élèves	S5, S8, S12	
	Être rationnel	S3	
	Développer la curiosité	S3	

Ci-dessous quelques extraits qui illustrent ce constat concernant les savoir-faire:

Comme j'ai dit tantôt, c'est bon pour la fabrication. (S11)

Deuxièmement, c'est très manuel. Je trouve que c'est encore plus manuel que la DIS. (S10)

Alors, un enfant qu'on est en train de former au secondaire, qu'on lui apprendra à analyser, à voir les choses d'une autre manière, à faire des essais-erreurs [...]. (S9)

Pour les finalités d'ordre psychopédagogique:

Peut-être un jour, il va concevoir quelque chose, il va se dire, tiens, tiens j'ai appris qu'il fallait faire ça, il fallait chercher toutes les contraintes nécessaires pour que mon objet réponde bien, sinon c'est une perte. (S6)

La DCT ça donne à réfléchir à l'élève. (S6)

Ça [DCT] leur permet de faire des liens avec ce qui se passe ailleurs, dans le sens où s'ils regardent les objets qui sont autour des autres, à un moment donné, ça peut se passer dans une usine quelque part, ils ont été conçus. C'est à peu près ça. (S11)

La rigueur, qu'on a une démarche, on est rigoureux. Si on suit cette démarche-là, on va être fiable. (S19)

D'être capable également de développer et d'amener certains élèves [*différenciation pédagogique*] qui ont un aspect manuel, qui ont besoin de toucher, de manipuler, d'amener ces élèves-là à savoir se réaliser, à travailler en cours de science également et à développer la pensée

abstraite, et pas seulement ceux qui ont des capacités à réfléchir. Le cours de science est beaucoup conçu pour ce 25 % de la population, là qui performe bien qui peut se rendre à l'université et on largue un peu les autres. Et ça permet aussi d'aller chercher ces élèves-là qui ont besoin d'une démarche un peu plus concrète. C'est tout. (S18)

Au troisième rang, huit sujets pensent que l'enseignement de la DCT doit cibler l'acquisition des savoirs conceptuels, le transfert des connaissances et la compréhension du fonctionnement d'objets technologiques. Les extraits ci-dessous sont à l'appui.

L'idée de transfert, l'idée d'utiliser dans la vie de tous les jours ce qui a été appris. (S1)

C'est un langage utilisé en technologie, bien les ingénieurs, ils arrivent à l'université, ils ont un langage commun. C'est le jargon. (S19)

On vit dans un univers technologique. On est entouré d'objets qui répondent à nos besoins, et on ne comprend pas nécessairement la complexité de ces objets-là. (S18)

Finalement, 7 sujets sur 19 ciblent le développement des apprentissages d'ordre social comme l'illustrent les extraits suivants.

Je pense à les rendre de bons citoyens. (S9)

Ça peut aussi les aider à bien choisir plus tard leur métier futur. (S8)

3.2.2 *Les finalités de l'enseignement de l'univers technologique au secondaire*

Dans le tableau 22, nous synthétisons les réponses des sujets à la question suivante portant sur les finalités de l'enseignement de l'univers technologique (UT):

B 6. Selon vous, que devraient être les principales finalités de l'enseignement technologique (UT) au secondaire?

En d'autres termes, pouvez-vous citer jusqu'à cinq raisons pour lesquelles il vous semble important ou nécessaire d'enseigner la technologie au secondaire.

Nous avons réparti les finalités de l'UT en cinq catégories issues de notre cadre conceptuel et une catégorie émergente (tableau 22). Nous constatons que les finalités de

la dimension sociale et les compétences transversales sont les plus présentes dans le discours des répondants (8 sujets sur 19).

Tableau 22
Finalités de l'enseignement de l'UT au secondaire

Finalités	Sujets	Effectif
Culture technologique	S1, S4, S6, S18	4
Savoir conceptuel	S3	1
Savoir-faire	S2, S6, S11, S13, S14, S17, S19	7
Poursuite des études et choix de carrières	S2, S5, S8, S12, S14, S15, S17	7
Interaction science-technologie	S17	1
Dimension sociale et compétences transversales	S3, S6, S8, S9, S10, S15, S18	8
Examen du MELS: préparation à l'examen du MELS ⁴¹	S11	1

Ensuite, le développement des savoir-faire d'une part, et la poursuite des études et le choix de carrières d'autre part occupent le deuxième rang environ (7 sujets).

Ça lui permet de découvrir ses habiletés, est-ce qu'il s'en va vers l'enseignement professionnel ou bien pour l'enseignement général. (S17)

[...], puis de les essayer. Comment tu veux savoir si tu aimes ça pour ta carrière? Et au secondaire, c'est important de faire ça. (S2)

Même ceux qui s'en vont en mécanique automobile, oui, c'est important, ça va les intéresser. Au moins, il faut qu'ils sachent comment ça fonctionne. (S5)

L'enseignement technologique comme je disais, c'est pour initier aux métiers comme admettons au domaine d'ingénierie, tous les domaines reliés à l'ingénierie. Donc, ça permet de comprendre l'ingénierie, le design et la conception technologique. (S8)

⁴¹ Abréviation de ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport.

Peut-être que ça va réveiller chez certains l'intérêt de faire des études là-dedans. (S14)

La culture technologique comme finalité arrive en 3^e rang (4 sujets sur 19):

De développer une culture technologique, donc, puisqu'on est, comme on puisse dire là, on est toujours entouré d'objets techniques ou technologiques, dans le milieu de travail, chez nous, un peu partout, là où nous en sommes, dans l'environnement. Alors, le fait d'avoir une culture technologique permet de mieux comprendre les objets techniques qu'on utilise ou bien comme on dit, oui, je pense, essentiellement c'est ça. (S4)

C'est évidemment aussi une culture générale de l'élève (S18)

Un sujet sur 19 dit que l'enseignement de la technologie au secondaire devrait viser le développer d'un jargon technologique. En effet, l'UT permet de «leur apprendre aussi un certain vocabulaire de base, avoir les bons termes» (S3). Un autre répondant choisit l'interaction de la science et de la technologie comme finalité:

Comme je te l'ai expliqué, c'est qu'on ne peut pas faire la science si on ne fait pas la technologie, et on ne peut pas faire la technologie sans faire de la science. Les deux sciences sont adjointes, elles sont mutuelles. (S7)

Pour un répondant, la finalité derrière l'enseignement de l'UT est de préparer les élèves à l'examen du ministère. En effet, selon lui, «moi je pense qu'en secondaire 4 [...] on mise beaucoup sur la technologie, même un peu trop. Plus qu'un quart de l'examen [du ministère] c'est de la technologie» (S11).

3.2.3 *L'intégration des sciences et technologies dans la même discipline*

Nous synthétisons dans le tableau 23 les réponses des sujets relativement à la question suivante:

B 7. Selon vous, le choix du ministère d'intégrer les sciences et les technologies dans le même programme est-il un bon choix ou non? Pourquoi? Ou, selon vous, pourquoi est-il important ou pas important d'intégrer l'enseignement des sciences et des technologies dans une même discipline?

Dans cette question, nous accordons une importance non seulement à la réponse courte du répondant, mais aussi à sa justification. Ainsi, pendant notre analyse des réponses, nous avons identifié trois catégories différentes: ceux qui disent oui, l'intégration est un bon choix; ceux qui disent non, l'intégration n'est pas un bon choix, et ceux qui sont ambivalents (n'ont pas de position claire sur l'intégration). Dans cette question, les réponses sont exclusives. Donc, un sujet doit choisir soit oui, soit non. S'il est égaré, nous le plaçons dans la catégorie des ambivalents.

Les résultats montrent que 8 sujets parmi les 19 se disent d'accord avec l'intégration des deux disciplines, tandis que 9 sujets indiquent ne pas être d'accord avec l'intégration. Deux sujets sont ambivalents.

Tableau 23
Intégration ou non des sciences et technologies

Oui, c'est un bon choix		Non, ce n'est pas un bon choix		Ambivalents
Raisons	Sujets	Raisons	Sujets	Sujets
Contenu complémentaire	S1, S3, S6, S10, S12	Trop de théorie	S2	S7, S11
Soutenir l'apprentissage des concepts théoriques	S1, S9	Enseignants non formés	S2, S4, S5, S14, S17, S19	
Ressemblance entre leurs démarches	S3	Disciplines différentes	S16, S17	
Polyvalence	S8	Mêler les élèves	S13	
Résolution de problème	S18	Manque de temps	S15	
		Équipement	S17	
Nombre de sujets	8		9	2

Notons que les justifications du choix du répondant peuvent être multiples, mais nous comptabilisons le sujet une fois seulement (tableau 23).

Notons que dans le cadre de cette question, nous avons demandé, en plus, aux interviewés s'ils parvenaient souvent à intégrer des connaissances en provenance des

sciences et de la technologie dans leur pratique. Le tableau 24 présente la synthèse des justifications que les sujets avancent.

Tableau 24
Intégration des contenus scientifiques et technologiques dans la pratique

Raisons d'intégration	Nombre de sujets
Contenu complémentaire	4
Application des concepts scientifiques	5
Technologie est basée sur les sciences	1
Continuité des apprentissages	1
Émergé avec le stagiaire	1
Disciplines indissociables (<i>souvent</i>)	1
Nombre de sujets	13

Au total, 13 sujets mentionnent que le choix d'intégrer les contenus scientifiques et technologiques dans le même programme est un bon choix. Ils ajoutent qu'ils intègrent les deux contenus dans une même activité d'apprentissage. Ci-après quelques extraits à l'appui:

Pour comprendre que l'un est indissociable de l'autre. Dans l'effet, un problème est résolu à partir de toutes les connaissances nécessaires pour le résoudre, ce n'est pas dans une discipline spécifique. (S18)

L'UT de façon isolé ne sert à rien non plus. L'une des choses que je déplore, en enseignement en science c'est univers après univers d'une façon isolée. (S18)

Quant à ceux qui estiment que le choix d'intégrer les deux contenus n'est pas judicieux, ils évoquent tous la formation des enseignants comme obstacle à l'intégration des contenus des deux disciplines.

3.3 La place de l'univers technologique dans le programme

Nous résumons les réponses des répondants à la question ci-dessous dans les tableaux 19 et 20.

B 8. Considérons qu'il y a quatre univers dans le programme de science et technologie au secondaire, selon vous, est-ce que la place réservée dans le programme à l'Univers technologique vous semble adéquate? Pourquoi?

Considérant la difficulté de mettre en évidence la justification des choix des répondants dans un même tableau, nous avons séparé la présentation des réponses des sujets ayant donné une réponse positive (tableau 25) de ceux qui ont donné une réponse négative (tableau 26).

Tableau 25
L'UT a une place adéquate dans le programme

Oui Justifications	Nombre de sujets
Univers matériel et univers technologique imbriqués	1
Suivre le progrès technologique	1
Progressivité des apprentissages	2
Univers bien répartis	1
Total	5

Le tableau 25 montre d'abord que seulement 5 sujets sur 19 sont d'avis que la place réservée à l'UT dans le programme est adéquate. Deux justifient leur choix par la progressivité des apprentissages.

Oui, c'est adéquat, il faut voir qu'en technologie, il y a une grande progression qui se fait entre le secondaire 1 et le secondaire 4. On s'assure vraiment pour ne pas faire les mêmes projets, parce qu'on pourrait tous les faire en deux. Donc, on doit s'assurer une certaine verticalité au niveau des projets qu'on fait et on se consulte pour ne pas faire les mêmes choses évidemment. (S10)

Un sujet sur cinq dit que la place de l'UT est adéquate, car l'enseignement de la technologie permet à l'élève de suivre le progrès technologique.

La technologie fait de plus en plus partie de notre univers. Plus ça va, plus les progrès avancent à un rythme fou. Donc, je crois que c'est normal d'avoir une formation à l'école au niveau de la technologie. Donc, le quart du programme me semble juste. (S3)

Les deux autres disent successivement que l'univers matériel est imbriqué à l'univers technologique, donc, ils se font ensemble; et les univers sont bien répartis dans le programme.

En outre, nous résumons dans le tableau 26, les réponses des sujets qui disent que l'UT n'a pas de place adéquate dans le programme.

Tableau 26
L'UT n'a pas de place adéquate dans le programme

Non Justifications	Nombre de sujets
UT a moins de temps	3
Pas d'accord avec le programme en univers	1
Examen du MELS	6
UT prend trop de temps	2
Enseignants non formés	2
Total	14

Les résultats présentés dans le tableau 26 montrent que 14 sujets sur 19 estiment que l'UT n'a pas de place adéquate dans le programme. Six sujets parmi les 14 identifiés ci-dessus justifient leur réponse par la plus grande place qu'occupe l'examen du MELS dans la 4^e secondaire. Ils disent qu'ils sont obligés de couper dans les autres univers, Terre et Espace et l'univers du vivant sur lesquels il n'y a presque pas de question à l'examen du MELS. Les extraits ci-dessous sont à l'appui de ces constats.

Comme je disais, en secondaire 4, il y a un univers, je pense que c'est Terre et Espace qui est fait très vite, ce qui est dommage. Donc, il y a vraiment trop de matière. C'est trop chargé. Par contre la technologie est essentielle à cause de l'examen du ministère, il y a des situations que les élèves doivent comprendre, mais comme je disais, à partir du 2^e cycle, ça devient trop chargé. (S8)

En secondaire 4, je trouve que c'est trop. L'examen du MELS là, l'emprise est sur l'univers technologique par rapport aux autres univers. Je considère qu'une question pour l'univers du vivant au secondaire 4. Je trouve en secondaire 4 que c'est un peu disproportionné. (S11)

Par contre, je trouve que l'importance qu'on lui donne en secondaire 4 est trop grande. Ce qui fait qu'à l'examen du MELS, une très grande

partie des questions portent sur l'univers technologique. Puis, il n'y a presque pas de questions au niveau de l'univers vivant et l'univers Terre et Espace. Puis l'univers Terre et Espace a été enseigné en secondaire 1, 2, 3 et 4, puis il n'y a presque pas d'Espace à l'examen final. Donc, je trouve que la technologie prend plus de place en secondaire 4 au niveau de l'évaluation, là, tandis que je trouve des fois qu'il y a des choses répétées, répétée, toujours la même affaire d'une année à l'autre. Des fois c'est un peu ennuyant pour les élèves. (S14)

En secondaire 4, je ne suis pas d'accord. Parce que en secondaire 4, quand je la [la technologie] vois dans le programme, elle a une place adéquate, mais quand je vois l'examen du ministère, c'est quasiment la moitié des points qui va là-dedans, et on laisse de côté l'univers du vivant et Terre et Espace. Du coup, tous les enseignants mettent l'accent sur l'univers matériel et sur l'univers technologique de façon théorique en secondaire 4, parce qu'on n'a pas le temps d'aller en atelier. (S15)

Ce résultat corrobore le résultat de *Teaching to the test* élaboré par Popham (2001). Ce phénomène est un terme familier pour toute méthode d'enseignement fortement axée sur la préparation des apprenants aux concours, aux examens ou aux tests standardisés.

Trois sujets sur 14 identifiés ci-dessus justifient leur réponse en disant qu'il y a beaucoup de contenu dans l'univers technologique et que la technologie est enseignée toujours à la fin de l'année. Donc, il lui reste toujours peu de temps pour couvrir tous les concepts prescrits.

Parce que d'abord, si on regarde le volume, si on regarde le manuel, la technologie est juste une partie qui est toujours étudiée à la fin de l'année. Donc, le temps qui lui reste, je pense que c'est insuffisant. (S7)

Deux enseignants justifient leur choix par rapport à l'intérêt de l'élève.

Moi je la mettrai à 16 %, toute la partie techno. Tu comprends? Moi, je la mettrai à 16 % pour être sûr qu'il va réussir, qu'il va réussir tout en sachant que j'ai séparé les groupes. Ceux qu'ils veulent faire un peu plus de techno, je vais leur laisser 33 %. Ça dépend de mes groupes. Il faut bien séparer les élèves: ceux qui veulent faire la techno. Il faut complètement faire un choix. Faire un questionnaire

avant d'accepter les élèves et les orienter par un questionnaire pour savoir s'ils aiment ou ils n'aiment pas. (S9)

Les deux derniers répondants disent que l'enseignement de la technologie est exigeant pour l'enseignant qui n'est pas bien formé en technologie. Il laisse cet univers à la fin de l'année et il l'enseigne selon le temps disponible.

Je pense qu'elle est non adéquate, parce que les enseignants en général ne sont pas super à l'aise avec cette matière-là. Et on a l'impression aussi que tout l'univers matériel et l'univers vivant sont plus difficiles. Elle est vraiment souvent enseignée à la fin de l'année. Il lui reste peu de temps. Les élèves font les cahiers vite, vite. Et on fait ce qu'on peut à la fin de l'année. (S12)

3.4 Le temps consacré à l'enseignement de l'UT

Nous synthétisons dans le tableau 27 les réponses à la question portant sur le temps que les répondants disent consacrer à l'univers technologique dans leur pratique, ainsi que leur principale justification. Cette synthèse se penche sur la représentation des réponses à la question B9 suivante:

B 9. Habituellement, est-ce que le temps que vous consacrez à l'enseignement de l'Univers technologie vous semble refléter la place que cet univers occupe dans le programme? Pourquoi?

Tableau 27
Le temps consacré à l'UT dans les pratiques des répondants

	Sujets	Justification	Effectif
Respectent le temps	S5, S10, S11, S19	Respect du programme.	4
Consacrent moins de temps	S1	Intègre une partie de l'UT dans chaque univers	9
	S2	Moins de contenu en technologie	
	S3, S12	Enseignants non formés en technologie	
	S7	UT occupe une place secondaire dans le programme (manuel scolaire)	
	S9	Jugement: la technologie ne mérite pas le 25 %	
	S15, S16, S17	Programme trop chargé, examen du MELS sur papier	
Consacrent plus de temps	S4	Son profil le permet	5
	S6	UT soutient l'apprentissage des sciences	
	S8	En coupant dans les autres univers	
	S13, S14	Place réservée aux contenus de l'univers technologique dans Examen du MELS	
Consacre un temps variable	S18	Différenciation	1

L'analyse des réponses à cette question montre que certains enseignants considèrent qu'ils respectent la répartition des univers de 25 % du temps par univers. D'autres affirment qu'ils lui consacrent plus de 25 % du temps. D'autres indiquent qu'ils lui consacrent moins de 25 % du temps. Le dernier dit qu'il lui consacre un temps variable selon les besoins de l'élève.

Nous constatons que ceux qui affirment y consacrer moins de temps sont les plus nombreux (9 sujets sur 19). Les principales justifications de cette catégorie de sujets sont très variables: trois sujets mentionnent que le programme est trop chargé et l'examen de fin de l'année (du ministère ou de la commission scolaire) est un examen sur papier. Deux sujets sont d'avis qu'ils ne sont pas bien formés en technologie. Un sujet signale qu'il intègre les contenus technologiques dans d'autres univers. Un autre souligne qu'il a moins de contenu dans l'UT. Un autre juge que l'UT ne mérite pas le 25 % de temps

offert par le programme. Finalement, le dernier considère que le programme accorde moins d'importance à l'UT, en justifiant son jugement par les manuels qui placent tous l'UT à la fin de leur table des matières. Les extraits, ci-dessous, appuient ces constats.

Parce qu'encore une fois, on n'a pas le temps. On a le programme chargé et on a les exigences de l'examen du ministère écrit qui nous attend à la fin de l'année. (S15)

Parce que je manque de temps. Je manque de temps. Puis dans le fond l'examen du ministère, le problème que c'est sur papier, eh. Donc, veut, veut pas, les élèves à un moment donné, ils sont obligés de faire du papier, et c'est plus long. (S16)

Non, ça ne correspond pas, je passe beaucoup moins de temps que le quart des cours à l'univers technologique, parce que tout simplement je ne suis pas assez formée et ne me sens pas assez à l'aise et mon intérêt non plus n'est pas aussi grand que pour les autres univers. (S3)

Mais si on regarde le programme du ministère du Québec, je pense que cette partie n'est pas prioritaire au secondaire.

Relance: c'est quoi ou quel indicateur qui vous fait dire ça?

Réponse: Si on regarde les manuels, si on regarde les indications, si on regarde l'importance même accordée aux ateliers, ça devrait être comme, je pense qu'il faut donner plus d'importance à cette partie. (S7)

Moi je la mettrai à 16 % à toute la partie technologie. (S9)

Au deuxième rang, comme le montre le tableau 27, cinq sujets sur 19 soulignent qu'ils consacrent plus de temps à l'UT dans leur pratique. Deux sujets justifient leur choix par l'importance qu'occupe l'UT dans l'examen du MELS. Un sujet motive son choix par son profil ou sa formation qui lui permet de faire plus de technologie. Un autre explique son choix de consacrer plus de temps à l'univers technologique pour son impact positif sur l'apprentissage des sciences. Le dernier indique qu'il coupe dans les autres univers pour faire plus de technologie. Ci-dessous quelques extraits à l'appui.

Eh, oui. J'en fais beaucoup, parce que l'examen du MELS en 4^e secondaire, plus de 30 % des questions du ministère c'est de la technologie. Donc, oui, je fais à peu près, je ne fais pas 30 % en technologie, mais je fais presque 30 %, Donc, pas loin. (S13)

Je trouve que l'importance qu'on lui donne en secondaire 4 est trop grande. Ce qui fait qu'à l'examen du MELS, une très grande partie des questions portent sur l'univers technologique. (S14)

Au troisième rang, 4 sujets sur 19 disent accorder à l'UT le temps que le programme lui réserve.

Enfin, un sujet parmi les 19 dit que le temps qu'il réserve à l'UT varie selon les besoins de ces élèves. Il dit que dans sa pratique, il fait toujours de la différenciation pédagogique.

3.5 Le temps consacré à l'enseignement de la DCT

Nous présentons à la figure 10 les réponses à la question suivante:

B 10. Pendant votre enseignement de l'Univers technologique, quel est, environ, le pourcentage des séquences ou des SAE dans lesquelles vous abordez la démarche de conception technologique?

Le diagramme à bandes (figure 10) montre que la majorité des sujets consacrent de 6 à 10 périodes de 75 minutes à la conception technologique dans leur pratique. Quatre sujets, 21 %, disent qu'ils consacrent de 11 à 15 périodes à la DCT. Par ailleurs, un enseignant consacre moins de 5 périodes de 75 minutes à la DCT, et les deux autres lui consacrent respectivement de 16 à 20 périodes, et de 21 à 25 périodes.

Le dernier sujet, représenté en rouge et indiqué «variable» sur la figure, est le sujet qui fait la différenciation pédagogique dans tous ses cours. Il confirme que le temps consacré à la DCT dans sa pratique varie selon les besoins des élèves. Cette variation peut aller de 10 % à 60 % du temps annuel réservé à l'enseignement de sciences et technologie. Si on fait un calcul sur le temps annuel de 100 heures (ou 80 périodes de 75 minutes) réservées à l'UT dans le programme, nous pouvons constater que le sujet S18 consacre un temps variable de 10 à 60 heures par année à la DCT.

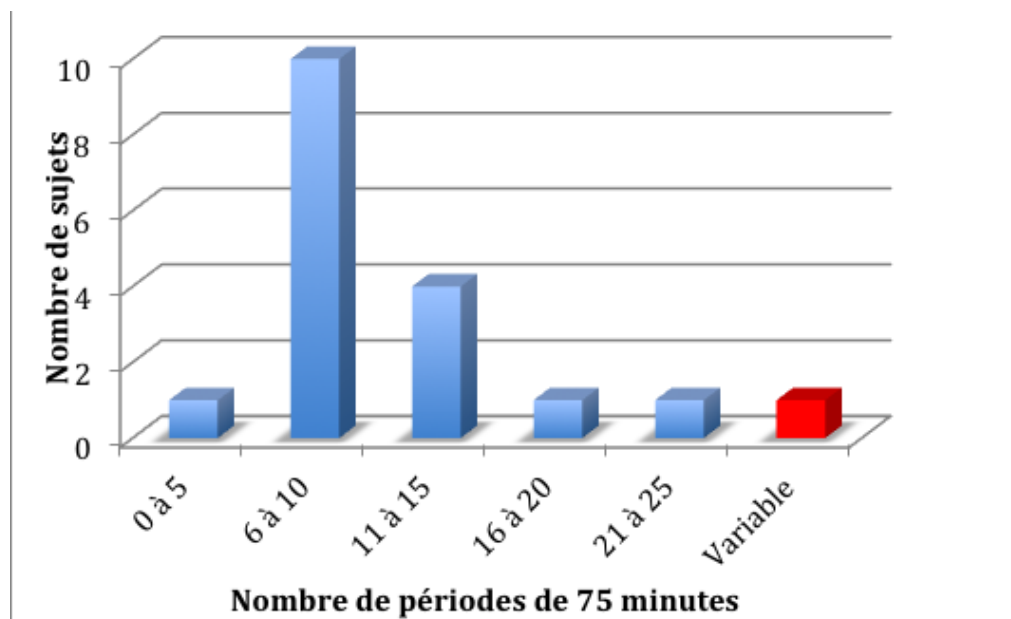


Figure 10 – Les périodes consacrées à l’enseignement de la DCT par les répondants

Considérant que l’un des sujets accorde un temps variable à la DCT, il nous est impossible d’estimer une moyenne de périodes par enseignant dans cette situation.

4. LA SYNTHÈSE

En considérant l’analyse précédente qui tient compte de la mise en œuvre de la DCT dans des situations de conception technologique, des apprentissages visés et des évaluations prévues, quatre cas de situation ont été observés et ils reflètent les différentes façons d’aborder la DCT en classe.

- 1) Un problème bien structuré est posé dans une mise en situation. Une planification complète ou partielle est à l’œuvre, et tout se termine par la fabrication de l’artefact. La plupart des enseignants de cette catégorie visent et évaluent les concepts prescrits dans le programme.
- 2) Une situation d’ordre technique est mise à l’étude. Les enseignants qui s’inscrivent dans cette catégorie fournissent le problème et sa solution (problème de type casse-tête avec une méthode fournie). L’élève pour sa part, suit les étapes fournies et fabrique son artefact. La plupart des sujets

visent et évaluent les apprentissages techniques, l'artefact et/ou la validation des concepts scientifiques.

- 3) Situation présentant un problème, mais ne nécessitant pas une planification. Ce qui est mis en œuvre c'est la méthode essai-erreur (le tâtonnement). Les enseignants qui s'inscrivent dans cette catégorie visent notamment la validation ou l'acquisition de quelques concepts prescrits (concepts d'ingénierie mécanique ou électrique), ainsi que quelques compétences transversales (gestion du travail, communication, travail en équipe, etc.).

Quant aux difficultés rencontrées par les élèves, les répondants recensent principalement les difficultés d'ordre psychopédagogique et d'ordre technique.

En ce qui concerne les difficultés rencontrées par l'enseignant lui-même, elles sont principalement de l'ordre de la gestion du besoin et des travaux d'équipe, d'ordre matériel et d'équipement, et d'ordre didactique.

Pour ce qui est des difficultés perçues par le technicien, les répondants ont identifié la préparation et la gestion du matériel.

Quant aux caractéristiques de la DCT, plusieurs éléments ont été dégagés dans l'analyse du discours des enseignants. Cependant, nous rappelons ci-dessous les trois caractéristiques essentielles:

- a) Poser et cerner le problème (mettre en situation, cerner le problème, explorer, élaborer un cahier des charges, identifier les concepts en lien avec la situation, etc.).
- b) Planification (planifier les étapes du travail, schématiser, fabriquer, etc.).
- c) Optimisation (faire des tests, confronter au CdC, itérer, améliorer, documenter, etc.).

Nous notons que la principale ressemblance entre la DIS et la DCT réside dans les étapes, alors que les produits finaux constituent leur principale distinction. Certains annoncent que le produit final pour la DCT est l'objet technologique, tandis le produit final pour la DIS est un rapport de laboratoire.

Quant aux finalités, nous synthétisons les principales réponses des répondants dans le tableau 28.

Tableau 28
Finalités de la DCT et de l'UT

Finalités principales de la DCT	Finalités principales de l'UT
<ul style="list-style-type: none"> - dimension psychosociale et épistémologique - Savoir-faire - Savoir-vivre en société 	<ul style="list-style-type: none"> - dimension sociale et compétences transversales - Savoir-faire - Poursuite des études et choix de carrières

Concernant la question de l'intégration des sciences et des technologies dans la même discipline, nos données ne montrent pas de différence significative entre ceux qui sont pour et ceux qui sont contre (8 pour et 9 contre).

Quant à la question de l'intégration des contenus en provenance des sciences et ceux en provenance des technologies, la majorité des répondants affirment intégrer les deux contenus dans la même situation d'apprentissage, mais pas souvent.

Pour ce qui est de la perception des enseignants sur la place qu'occupe l'UT dans le programme, environ les trois quarts des répondants sont d'avis que la place réservée dans le programme à l'UT n'est pas du tout adéquate.

Enfin, en ce qui concerne le temps que les répondants consacrent à l'UT annuellement, environ la moitié des sujets indiquent qu'ils consacrent moins de temps que prévu dans le programme à cet univers.

CINQUIÈME CHAPITRE

DISCUSSION DES RÉSULTATS

“If some views on values and technology appear to you as the only possible ones, take this as a sign that you have neither understood the relationship of values and technology, nor the reason why an understanding of this is important.”

David Layton

L’objectif général de notre recherche est de décrire la compréhension que les enseignants ont de la DCT et sa mise en œuvre à travers les pratiques déclarées. Ainsi, nous avons analysé les données recueillies par entrevue auprès de 19 enseignants volontaires qui déclarent recourir à l’enseignement de la DCT. Trois dimensions d’analyse ont été retenues pour répondre à cet objectif. La première consiste à dégager les modalités de mise en œuvre de la DCT dans les pratiques déclarées. Cette dimension a été appréhendée par divers indicateurs: les étapes ou les moments importants de la DCT mis en œuvre par les enseignants, les tâches de chaque acteur (élève, enseignant, technicien) par moment ou par étape de la DCT, les apprentissages visés par cet enseignement et les évaluations prévues. La deuxième dimension consiste à identifier les caractéristiques de la DCT selon la compréhension des enseignants. Cette dimension a été appréhendée par les caractéristiques ou la définition que donnent les enseignants à la DCT, ses finalités, les ressemblances et les différences entre la DCT et la DIS, ainsi que l’intégration des contenus scientifiques et technologiques. La troisième dimension consiste à identifier les difficultés ou les défis auxquels font face les enseignants lorsqu’ils mettent en œuvre l’enseignement de la DCT. Cette dimension a été appréhendée par divers indicateurs du point de vue de l’enseignant: les défis rencontrés par les élèves, les défis rencontrés par les enseignants et ceux rencontrés par les techniciens.

1. LES MODALITÉS DE MISE EN ŒUVRE DE LA DCT: CONVERGENCES ET DIVERGENCES

Le premier niveau d'analyse des pratiques déclarées de cette recherche porte sur la catégorisation des situations de conceptions technologiques proposées par les sujets. Cette analyse montre que les situations décrites par les répondants peuvent être classées en deux catégories: celles qui présentent un problème «bien défini» (*well-structured*) pour l'élève (17 situations surlignées en vert et en mauve dans l'annexe D) et celles qui présentent non seulement un problème technique, mais aussi sa solution (situations surlignées en jaune dans l'annexe D). Ce dernier type de situations présente ce que Franske (2009) qualifie de problème de type «casse-tête».

Afin d'avoir une vue d'ensemble sur toutes les situations discutées avec les sujets, nous avons synthétisé les résultats fréquents dans le tableau en annexe D à la fin de ce document.

Un deuxième niveau d'analyse nous amène à constater que les situations présentant un problème «bien défini», identifiées ci-dessus, peuvent être subdivisées, à leur tour, en deux modalités distinctes: celles qui s'inscrivent dans la logique d'une démarche de conception axée sur l'investigation (où l'élève prend en charge la solution complète du problème) et les orientations du récent programme de ST (13 situations surlignées en vert seulement) et celles axées sur le tâtonnement ou la méthode essais-erreurs (quatre situations surlignées en mauve). Pour faciliter l'interprétation des résultats, nous synthétisons, à partir du tableau de l'annexe D la mise en relation des éléments d'analyse dans le schéma récapitulatif illustré dans la figure 11. Cette figure sera commentée dans les sections qui suivent.

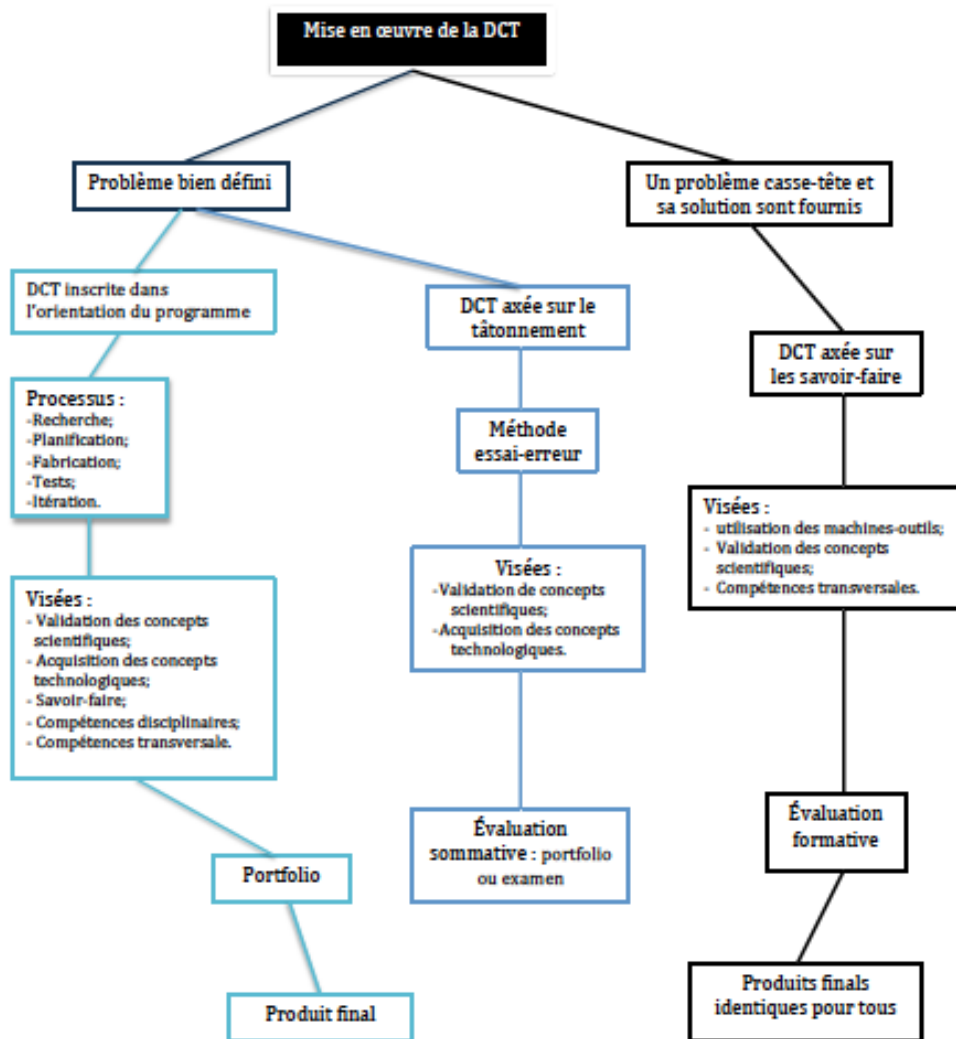


Figure 11 – Modalités de mise en œuvre de la DCT dans les pratiques déclarées

1.1 Les modalités présentant un problème «bien défini»

1.1.1 Des modalités s'inscrivant dans la logique d'une démarche de conception axée sur l'investigation

L'analyse des intentions des répondants qui s'inscrivent dans cette logique montre que la DCT est prise en charge par des élèves, mais avec des spécificités différentes.

D'abord, ce que ces situations ont en commun, c'est que les élèves prennent en charge la résolution des problèmes et le développement des compétences méthodologiques de base. Dans ce processus, les élèves mettent l'accent sur quelques caractéristiques d'une démarche d'investigation telle que la formulation du problème, la

recherche d'idées, l'analyse du problème, la collaboration, la planification, la schématisation, l'itération et la réalisation, l'évaluation du processus et le développement de leurs connaissances.

Cette conception s'inscrit dans la perspective du programme de ST qui considère qu'en technologie, la DCT est privilégiée puisqu'elle constitue un terrain fertile pour aborder les concepts abstraits de manière concrète et dans l'action. Il ne s'agit cependant pas de la seule démarche possible. De façon générale, cette démarche se développe dans l'action, l'élève étant appelé à se poser des questions et à tenter d'y répondre en observant, en manipulant, en mesurant ou en construisant dans un atelier (Gouvernement du Québec, 2006).

Ce que ces situations ont encore en commun, c'est qu'elles présentent toutes un problème «bien défini», dans le sens de Franske (2009). Dans le processus de leur résolution, une activité de recherche et une planification du travail sont exigées, la fabrication et des tests sont mis en évidence, et l'itération est toujours permise pendant le processus. Or, selon Franske (*Ibid.*), ce type de problème a un état initial bien connu, un objectif bien structuré et une méthode de résolution non nécessairement connue pour l'apprenant, mais similaire aux processus déjà enseignés. Ils sont ceux les plus familiers et faciles à résoudre pour les élèves. Pour les résoudre, ils exigent l'application de quelques concepts, des règles et des principes scientifiques et technologiques. Dans cette logique, l'enseignement de la DCT est considéré comme une occasion de vivre des expériences technologiques en classe. Cependant, le problème de transfert des apprentissages de ce genre de situations aux réalités de la vie de tous les jours reste à discuter, car dans ces circonstances les élèves appliquent les procédures et les apprentissages dans les contextes similaires aux contextes de leur apprentissage.

Quant au rapport théorie-pratique dans cette approche, les enseignants mettent l'accent sur la pratique de la DCT en négligeant le rôle des connaissances théoriques dans la résolution du problème. Or, la clé pour maîtriser un savoir procédural d'ordre supérieur comme la DCT est directement liée aux savoirs conceptuels, comme le soulignent Glaser (1992) et McCormick (1997).

Ce résultat rejoint celui de Bousadra (2014) dans son étude portant sur l'enseignement par projet en science et technologie. Selon la chercheuse, ce résultat est prévisible, car ce type de situation est ce qui caractérise habituellement la vision de la conception technologique dans certaines formations de perfectionnement offertes aux enseignants par divers organismes tels que le Centre de développement pédagogique, PRESTIM et les commissions scolaires ou dans certains écrits de nature professionnelle.

Un deuxième niveau d'analyse nous amène à constater que bien que les situations de conception de cette catégorie soient différentes du point de vue des contenus et de la mise en œuvre, les pratiques d'enseignement convergent vers trois principales tendances: en premier lieu, une tendance qui choisit une entrée par la validation ou l'application des savoirs scientifiques appris dans des cours de science; en deuxième lieu, une tendance qui choisit une entrée par l'application des concepts technologiques appris également dans des cours de technologie antérieurement; en troisième lieu, une tendance qui choisit une entrée par l'acquisition et la construction des nouveaux savoirs technologiques.

a) Tendances centrées sur la validation des savoirs scientifiques

Bien que les catégories des visées des sujets ne soient pas mutuellement exclusives, les situations proposées par les répondants S1, S2, S15, S16 et S18 privilégient une entrée par la validation ou l'application des savoirs scientifiques déjà vus dans les cours antérieurs de science.

Notre analyse montre que tous les enseignants de la 4^e année du secondaire, sauf un, visent entre autres la validation ou l'application des concepts de l'électricité en particulier. Pour les enseignants de la 3^e année du secondaire, ils visent entre autres la validation ou l'application des concepts mécaniques portant sur les articulations et les couples de force associés au corps humain comme l'illustrent les extraits suivants:

Il fallait dans leur jeu qu'il soit capable de m'identifier chacune des parties avec leur fonction, leur rôle précis, comme il y avait une résistance, il fallait me dire c'était quoi son rôle précis. (S2)

[...] C'est les phénomènes électriques et tout ça. (S16)

En somme, les sujets qui visent la validation des concepts scientifiques par l'enseignement de la DCT considèrent les cours de l'ET comme plateforme pour rehausser l'intérêt des élèves à l'égard des sciences. Ce résultat rejoint ceux de plusieurs autres chercheurs tels que Gattie et Wicklein (2007), Kelley (2008), Roman (2001) et Van Barneveld (2011). En effet, dans son enquête nationale portant sur l'ET, Gattie et Wicklein (2007) montre que 89,3 % des répondants croient que l'enseignement de la technologie centré sur la DCT pourrait augmenter l'intérêt des élèves à l'égard des mathématiques et des sciences.

Deux explications nous paraissent possibles à cette situation. La première c'est que probablement les enseignants considèrent l'ET comme une matière qui occupe un second ordre ou un statut mineur dans la grille-matière. Ainsi dans leur pratique, ils recourent aux activités de conception technologique pour soutenir l'apprentissage de la discipline importante, la science. Cette hypothèse rejoint celle émise par plusieurs chercheurs en éducation qui considèrent que certaines perspectives réductrices utilisent la DCT comme plateforme pour rehausser la motivation des élèves à l'égard de l'apprentissage des contenus d'autres disciplines, notamment les sciences et les mathématiques (*Ibid.*). Le discours ministériel du Québec s'inscrit dans cette logique également en considérant que la technologie et la DCT sont des contextes qui peuvent éveiller l'intérêt des garçons et celui les élèves en difficultés, comme le souligne le Conseil supérieur de l'éducation (2013) ainsi: «son intégration [technologique] au programme est tout de même considérée comme un levier puisque la matière se prête bien aux manipulations et suscite l'intérêt des élèves» (p. 33).

La deuxième explication est celle de la formation de base de l'enseignant. Nous pouvons comprendre que les enseignants accordent une importance à ce qui a du sens pour eux. En effet, plusieurs études sur l'enseignement des sciences et technologies, dans le contexte québécois, montrent que la majorité des enseignants ne sont pas formés en technologie (Barma, 2008; Hasni, Bousadra et Lefebvre, 2015; Hasni *et al.*, 2012; Lacasse et Barma, 2012). De plus, les résultats de la vaste enquête de Hasni *et al.* (2012) montrent que seulement 42 % des enseignants répondants estiment qu'ils ont une bonne compréhension des contenus technologiques. Comment les enseignants peuvent-ils alors accorder une grande importance aux concepts qui représentent moins de sens pour eux?

b) Tendance centrée sur l'application des savoirs technologiques vus antérieurement

Un sous-ensemble de répondants vise l'application des savoirs technologiques appris dans des cours antérieurs. Les situations proposées par les répondants S3, S17 et S19 s'inscrivent dans cette tendance. Elles visent l'application de quelques concepts technologiques déjà vus en classe, tels que le cahier des charges, les schémas de principe et de construction, la transmission et la transformation des mouvements:

C'était aussi d'intégrer certaines notions théoriques que nous avons vues en classe: le schéma de principe, le schéma de construction, les mécanismes de transmission de mouvement, de la transformation de mouvement, la gamme de fabrication. (S3).

C'est que je vais reprendre les concepts vus en secondaire 1. En secondaire 1, il y avait des liaisons, des guidages, le schéma de principe, le schéma de construction, les types de forces, les types de mouvement. (S11)

Or, comme le souligne Barlex (2011), les démarches qui n'encouragent pas les élèves à explorer les relations entre l'acquisition des connaissances et la conception technologique semblent manquer d'un ingrédient essentiel.

Cependant, les connaissances mises en jeu dans cette perspective ont déjà été construites ailleurs (dans le manuel ou dans le cahier d'exercices), ou tout simplement dans les notes de cours fournies par l'enseignant. Ce qui reste à l'élève, c'est d'appliquer ces connaissances déjà construites pour résoudre son problème. Bien que cela ne soit pas clairement énoncé, ce type d'approche d'enseignement s'inscrit, selon Dakers et Dow (2009), dans une méthode de transmission, comme le soutient l'extrait ci-dessous.

On lui [élève] montre la meilleure façon de faire. De toute façon, on doit les guider. La forme, ça reste à l'élève de la choisir, mais comment fabriquer une poutre, on lui montre ça. (S17)

Comme le montre l'extrait ci-dessus, dans cette logique, les connaissances sont préétablies et figées. Elles se transmettent ainsi d'un expert aux novices.

Rappelons que l'une des caractéristiques d'un enseignant qui adopte le mode d'enseignement transmissif, dans la perspective de Staples (2003), est qu'il se considère

comme la source d'expertise («*sees self as a source of expertise*», p. 303). Le plus grand risque de cette approche transmissive est d'élargir l'écart entre les connaissances théoriques et la pratique, car l'élève participe seulement à l'application des connaissances théoriques, mais pas à leur construction.

L'une des hypothèses les plus plausibles à cette tendance, c'est que la majorité des enseignants qui prennent en charge l'enseignement technologique au Québec sont formés en science (physique, écologie, biologie, chimie). Par conséquent, ils sont probablement influencés par la méthode traditionnelle d'enseignement de ces disciplines où les savoirs et la démarche d'investigation sont enseignés séparément. Dans les classes des sciences traditionnelles, les savoirs sont enseignés par la lecture, les exercices d'application et la résolution de problèmes, tandis que la démarche d'investigation est enseignée séparément à travers des expériences de laboratoire. Cette hypothèse rejoint le constat d'Edelson (2001) suivant: «*content is taught didactically through lecture, reading, and problem sets, and scientific practices are taught through structured laboratory experiments*» (p. 356).

c) Tendence centrée sur la construction de nouvelles connaissances technologiques

Un sous-ensemble de répondants vise, par l'enseignement de la DCT, la construction de nouvelles connaissances technologiques. Les situations proposées par les répondants S4, S5 et S8 s'inscrivent dans cette perspective. Les extraits ci-dessous sont à l'appui.

Les objectifs, c'est de leur faire découvrir les concepts en technologie.
(S8)

La compréhension des machines simples, les types de leviers, mais en même temps en changeant le pivot, ils vont tout de suite voir les trois types de levier qu'on abordera plus tard. (S10)

Savoir c'est quoi un cahier des charges. Respecter les contraintes et les exigences du cahier des charges. (S15)

Cela est attendu étant donné que la DCT se fait dans le cadre de l'éducation technologique. Son enseignement vise à consolider les trois compétences disciplinaires. Cette logique laisse à l'élève la responsabilité de construire ses connaissances technologiques par l'entremise de l'expérience, la DCT. Dans cette méthode, il est

question de recourir à la démarche qui suscite l'engagement intellectuel de l'élève dans le processus d'apprentissage et dans la construction de connaissances. Comme le soutiennent Hasni *et al.* (2011), lorsqu'une telle démarche est prise en charge par l'élève, elle ne consiste pas seulement à lui permettre de résoudre le problème de conception proposé, car l'élève doit d'abord être amené à construire le problème et à problématiser avant de proposer et de mettre en œuvre des manières appropriées pour le résoudre.

Ce résultat rejoint ceux de Daugherty (2012) qui montrent que la mise en œuvre d'une DCT bien adaptée au contexte du problème peut aider les élèves à comprendre les systèmes technologiques authentiques axés sur des fonctions spécifiques et des contraintes précises. Les exigences fonctionnelles et l'itération dans le processus de conception offrent la possibilité aux apprenants de s'approprier les concepts technologiques. Ces concepts sont souvent construits par le biais de la conception, la fabrication, les tests et l'amélioration du prototype.

Mais, dans la manière par laquelle les sujets discutent la situation d'apprentissage et la construction des savoirs, nous comprenons que les savoirs visés sont soit les savoir-faire, soit ceux de type déclaratif. Ce dernier renvoie, dans le sens d'Anderson (1987) à l'ensemble d'informations indispensables pour générer une action. À titre d'exemple, savoir que la colle est un organe de liaison permettant d'assembler indirectement⁴² deux ou plusieurs pièces d'un objet d'une manière complète⁴³.

Or, en matière d'apprentissage, les notions technologiques élémentaires, telles que les savoirs déclaratifs, peuvent être vues comme un savoir factuel transmis par un expert à un novice (Dakers et Dow, 2009). L'une des limites de cette approche d'enseignement est que ces types de savoir ne peuvent se fonder que sur l'acquisition de connaissances préexistantes. Dans cette logique, il est en effet impossible d'acquérir ce qui n'existe pas encore, de nouvelles connaissances.

⁴² Liaison indirecte signifie en technologie que les pièces ont besoin d'un organe intermédiaire (clou, vis, colle, etc.) pour tenir ensemble.

⁴³ En technologie, une liaison est complète lorsqu'il n'y a aucune possibilité de mouvement entre les pièces liées.

Bref, si cette variété dans la mise en œuvre de la DCT en ET s'explique, entre autres, par la variété des perceptions qu'ont les enseignants de ce processus et des compétences disciplinaires, une régularité apparaît malgré tout dans la manière dont ces enseignants relient les visées d'apprentissages et les compétences disciplinaires. Comme le souligne Bousadra (2014), cette régularité consiste en la non-circularité de la relation qui lie ces deux composantes du programme. Elle dévoile une zone problématique dans la mise en œuvre de la DCT et appelle au questionnement sur les orientations véhiculées par le programme vis-à-vis de l'acquisition des nouveaux savoirs technologiques et sur les modalités de formation à l'enseignement de la technologie au secondaire (*Ibid.*).

d) Place des compétences transversales

Sept situations des répondants S3, S4, S9, S15, S17, S18 et S19 visent entre autres le développement des compétences transversales. Les répondants de cet ensemble affirment viser, par l'activité de conception, le développement de la collaboration et le travail en équipe, la prise de décision, l'organisation, la réflexion, la résolution du problème, la mise en œuvre de la pensée créative, l'exploitation des technologies, etc. Certes, il n'y a pas de mal à viser les compétences transversales; d'ailleurs le PFEQ souligne que l'école devra aussi poursuivre l'acquisition de compétences et, dans certains cas, d'attitudes qui ne relèvent pas du domaine exclusif de l'enseignement des disciplines (Gouvernement du Québec, 2006). Ce que nous déplorons, c'est que deux situations qui présentent un potentiel d'apprentissage disciplinaire énorme pour l'élève sont réduites à la dimension collaborative et sociale seulement. En effet, le répondant S14 vise principalement, par l'activité de conception du bras articulé, à sensibiliser les élèves sur le travail en sécurité et la collaboration de même que sur l'utilisation des outils. Le répondant S17 reconnaît que son activité de construction d'un pont en bâtonnets de *Popsicle* ne présente pas d'apprentissages inscrits dans le programme, mais la fonction de la tâche est de préparer ses élèves à une compétition à l'échelle de la commission scolaire.

e) Évaluation des apprentissages

Quant à l'évaluation des apprentissages, chez l'ensemble des répondants inscrit dans la logique d'une démarche de conception axée sur l'investigation, elle est réalisée de deux manières distinctes: une évaluation formative et une évaluation sommative.

L'évaluation formative est conduite tout au long du processus de conception. D'après les sujets, elle porte notamment sur les interactions fréquentes entre l'enseignant et les élèves dans le but d'identifier les besoins et d'ajuster l'apprentissage des élèves en conséquence (dimension sociale). Bien qu'il n'y ait pas de note attribuée à l'évaluation formative, les enseignants de l'ET doivent lui accorder une importance particulière. En effet, Franske (2009) soutient que «*beyond teaching, we must also be able to assess the technological or engineering problem finding ability of students for both formative and summative purposes*»⁴⁴ (p. 95). D'autres chercheurs affirment également que les enseignants qui utilisent l'évaluation formative sont mieux préparés pour répondre à la diversité des besoins des élèves en différenciant et en adaptant leur pédagogie pour améliorer le niveau des élèves et l'équité des résultats (Atman, Yasuhara, Adams, Barker, Turns et Rhone, 2008; Centre pour la recherche et l'innovation dans l'enseignement, 2008; Hutchinson, 2002; Woods, Felder, Rugarcia et Stice, 2000).

En ce qui concerne l'évaluation sommative, dans la quasi-totalité des situations de ce premier ensemble (10 situations sur 13), les enseignants ont fourni une grille d'évaluation et ont recueilli un portfolio contenant toute la planification de l'élève, ses schémas et dessins, ainsi que sa réflexion à la fin de la conception. Dans sept situations de l'ensemble 1, le produit final est évalué également à la fin de la conception. L'évaluation du produit final est faite en se basant sur le cahier des charges, notamment sur la fonction globale et un pourcentage mineur est accordé à la contrainte esthétique.

Quant au sujet S17 qui s'inscrit dans cette catégorie, il a évalué des compétences transversales et le produit final dans le cadre d'une compétition à l'échelle de sa commission scolaire. Toutefois, malgré le potentiel offert par ces deux situations d'apprentissage, dans la mesure où leur résolution mobilise une démarche de conception,

⁴⁴ Traduction libre: «Au-delà de l'enseignement, nous devons également être en mesure d'évaluer, pour des fins formatives et sommatives, la capacité des élèves d'identifier un problème technologique ou d'ingénierie» (Franske, 2009, p. 95).

les modalités retenues par l'enseignant dans sa mise en œuvre de la DCT en classe se sont réduites à demander à ses élèves de construire un pont afin de participer à une compétition à l'échelle de la commission scolaire dans sa première situation; et de construire une voiture électrique dans sa deuxième situation. Bien que les deux situations de conception présentées par le sujet devaient permettre à l'élève de se représenter le problème en jeu, la compétition et la phase d'exploration spontanée du problème ont inhibé l'apprentissage. En effet, comme le soutiennent Good et Brophy (2008), si les élèves deviennent préoccupés de gagner ou de perdre l'activité de compétition, ils risquent de perdre de vue les objectifs pédagogiques et les apprentissages en jeu, car du point de vue de l'élève, la performance a la priorité sur l'apprentissage. De plus, si les mêmes élèves perdent plusieurs fois malgré leurs efforts, ils sauront susceptibles d'abandonner face à des tâches académiques difficiles. La compétition peut aussi engendrer un autre impact d'ordre social négatif sur les perdants, le rejet par les pairs (*Ibid.*).

Quant à la situation de la conception de la voiture électrique proposée par le sujet S17, elle vise la mobilisation des concepts de l'ingénierie électrique qui ne sont pas prescrits dans le programme de science de la 3^e année du parcours ATS (Application technologique et scientifique). En fait, cette situation pouvait être investie autrement en mettant l'accent sur la conception, les schémas, la transmission et la transformation des mouvements, les frottements, les conditions du fonctionnement et les propriétés de la matière peuvent être visés dans des situations de conception.

1.1.2 *Les modalités axées sur le tâtonnement*

La figure 11 montre également que les situations des sujets S9, S10, S11 et S13 sont axées sur le tâtonnement comme processus de résolution. Ces situations présentent bel et bien un problème «bien défini», toutefois sa résolution est laissée au hasard. Aucune démarche de résolution n'est demandée à l'élève, comme le souligne l'un des sujets répondant ci-dessous.

Ils [élèves] sont directement allés construire. Je n'ai pas demandé un plan. C'est-à-dire, j'aurais pu demander un plan: décris-moi ce que tu vas faire pour qu'un autre groupe puisse le faire, puisse le réaliser. Comprends-tu? Mais je ne l'ai pas fait. Si j'avais deux groupes, je l'aurais fait. (S9)

Bien que l'approche essais-erreurs représente une caractéristique de la conception technologique, la perspective axée sur le tâtonnement ignore le rôle de l'effort (la planification) et des connaissances prérequisés dans la résolution du problème. Elles sont trop éloignées non seulement des résultats de la recherche, mais aussi des orientations du PFEQ qui considère que:

la démarche de conception d'un objet technique doit accorder une place importante à la recherche d'idées ingénieuses pour satisfaire un besoin. La construction de l'objet est donc précédée d'une analyse du problème en cause et d'une étude du principe de fonctionnement. L'élève est incité à participer à des échanges d'idées, à présenter ses propositions sous forme de plans ou de schémas, à comparer ses plans et schémas à ceux des autres et à envisager en équipe plusieurs solutions (Gouvernement du Québec, 2006, p. 272).

Comme le souligne le PFEQ, lorsqu'il est engagé dans une DCT, l'élève est censé envisager différents scénarios de réalisation en tenant compte des contraintes du cahier des charges ou de ses propres exigences (critère de réussites) et des moyens dont il dispose. Ensuite, l'analyse de ces scénarios lui permet de planifier de façon efficace le travail à effectuer afin d'élaborer une solution ingénieuse. Néanmoins, dans cette perspective, l'élève bâtit le succès de son projet sur le hasard. De plus, comme le rappelle Piaget (dans Not, 1979), il s'est aperçu que le point de départ de la recherche se situe non pas dans le tâtonnement, mais dans une attitude du sujet face au problème.

Quant aux apprentissages visés, cet ensemble de répondants (S9, S10, S11 et S13) vise l'application des concepts scientifiques acquis pendant les cours de science et/ou l'acquisition de nouveaux concepts technologiques.

Pour l'évaluation, les sujets de cet ensemble ont généralement évalué les apprentissages des élèves par le biais soit d'un portfolio, soit d'un examen de fin du module. Le produit final, l'objet, ne figure pas dans la liste des éléments évalués par cet

ensemble. Cela peut s'expliquer par le fait que la méthode de tâtonnement peut ne pas amener à un produit répondant au besoin de départ.

Dans cette logique, différentes explications nous paraissaient possibles. En premier lieu, nous pouvons supposer que les enseignants sont très débordés par des tâches autres que l'enseignement de leur discipline et qu'ils n'ont pas assez de temps reconnu pour leur planification et pour la collaboration avec d'autres acteurs (pairs, techniciens, ressources financières, etc.). Toutefois, le devoir et le besoin d'une note pour le bulletin peuvent être derrière le recours à cet enseignement, comme en témoigne l'extrait suivant:

Pour les attentes de la petite voiture [projet de conception], parce que je dois évaluer la partie pratique. Il me manque encore une évaluation. Je me suis aligné là-dessus. C'est la fabrication. (S5)

Ce résultat corrobore ceux de Kelley (2008) et de Van Barneveld (2011). En effet, Kelley (2008) montre que l'un des défis auquel les enseignants font face pendant la planification de leur unité de travail est le manque de temps reconnu non seulement pour leur développement professionnel, mais aussi pour la préparation des tâches de conception technologique et la collaboration avec d'autres acteurs scolaires.

La contrainte de temps et la surcharge de travail sont également soulignées par plusieurs autres études. Bien entendu, l'étude de Jasinski (2007) montre que les enseignants manquent de temps pour participer à leur développement professionnel afin de suivre des formations sur les nouvelles pratiques pédagogiques. Les travaux de Hora et Millar (2008) ont montré que les changements dans la charge de travail des enseignants de la technologie et la non-reconnaissance du temps pour soutenir leur planification des activités de conception constituent des éléments problématiques.

La deuxième hypothèse est celle relative au sens que les sujets accordent à la première compétence disciplinaire (CD1). Rappelons que la CD1, intitulée «Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique», implique de recourir aux modes de raisonnement et aux démarches méthodologiques propres à la technologie dans le cadre de l'ET. On peut penser que dans le cas où les

enseignants n'établissent pas de liens entre la compétence CD1 et la DCT, ou ne considèrent pas la situation d'apprentissage comme un problème technologique nécessitant de recourir aux modes de raisonnement et aux démarches méthodologiques propres à la technologie, l'enseignement peut aisément glisser vers le tâtonnement.

La troisième hypothèse, probablement la plus plausible, est la formation des enseignants. En effet, presque tous les enseignants répondants ont évoqué dans l'une ou l'autre question de l'entrevue la formation non adéquate des enseignants en technologie. Même certains sujets qui ont suivi une formation en technologie faisaient référence à leurs collègues non formés en technologie comme en témoignent les extraits suivants.

Je passe beaucoup moins de temps que le quart des cours à l'univers technologique, parce que tout simplement je ne suis pas assez formée et je ne me sens pas assez à l'aise et mon intérêt non plus n'est pas aussi grand que pour les autres univers. (S3)

Malheureusement, c'est on regarde, là, dans notre école, c'est 30 % des collègues contre 70 %. C'est-à-dire, on fait la technologie au second plan, ou à la fin de l'année on la fait vite. Pour vous dire, ce n'est pas de leur faute, ils n'ont pas de la formation requise pour ça. (S4)

1.2 Les modalités axées sur le guidage d'action

Dix situations parmi les vingt-sept analysées figurent dans cette catégorie (voir situations surlignées en jaune dans l'annexe D). Elles sont caractérisées principalement non seulement par une mise en situation (présence d'un problème technique), mais aussi par une solution fournie (modalité de droite dans la figure 11). Ce type de situation-problème est qualifié, dans la typologie de Franske (2009), de problème de type «casse-tête», car d'une part la solution est déjà connue comme l'image d'un casse-tête; d'autre part, le produit est identique pour tous les apprenants.

Les sujets de cette catégorie offrent aux élèves un document contenant toutes les étapes à suivre et tous les schémas et dessins nécessaires pour fabriquer l'objet. L'élève recopie, à l'échelle, les dessins fournis sur les morceaux de bois ou de plastique et coupe avec l'aide du technicien. Il assemble ensuite ses morceaux et l'objet est prêt, comme le soutiennent quelques sujets participants:

Premièrement, j'explique le document qui était à remettre à la fin du travail des élèves. Ce document-là comprenait le schéma de principe, le schéma de construction, le circuit électrique aussi, etc. Par la suite, on allait au laboratoire de technologie. Là, les élèves devaient construire la lampe de poche, en suivant une gamme de fabrication vraiment très, très claire avec des images et des explications pour chacune des pièces.

Ma tâche là-dedans était d'expliquer l'utilisation de chacun des outils. Et grosso modo, les étapes à suivre pour que les élèves sachent un peu où ils s'en allaient et répondre aux questions. Sinon, je ne vois pas autre chose. (S12)

C'est vraiment, ils [élèves] ont un plan, et ils n'ont qu'à suivre le plan. On ne leur fait pas monter le plan. C'est comme s'ils achetaient un matériau, puis là, ils n'ont qu'à suivre le plan, pour monter leur objet. (S14)

Même s'il n'est pas clairement explicite, les situations d'apprentissage de conception qui s'inscrivent dans cette logique laissent entendre que la DCT est un processus linéaire amenant directement à la bonne solution au problème posé à travers un processus de mémorisation de formules et d'application des procédures, plutôt que d'avoir des apprenants engagés dans leur apprentissage où la construction du sens est prioritaire. Ce résultat corrobore ceux d'Ihde (1997) qui souligne que cette logique d'enseignement de la technologie laisse de l'espace aux interprétations ontologiques pour refléter le déterminisme technologique plutôt que la possibilité de choix humain.

Par les situations de conception, les sujets qui s'inscrivent dans cette catégorie axée sur le guidage d'action visent en premier lieu à guider les élèves vers la solution proposée par l'enseignant ou le technicien dans certains cas (l'expert). Ils guident d'une manière systémique l'action de l'élève en suivant la démarche proposée étape par étape. En deuxième lieu, leur objectif est le développement des habiletés manuelles et l'utilisation des machines-outils (savoir-faire d'ordre inférieur). En troisième lieu, ils tendent vers la validation des concepts scientifiques acquis pendant les cours de science. D'une manière générale, les sujets de cette catégorie ont pour but le développement des compétences techniques. Ce constat rejoint le résultat d'autres études qui montrent que l'ET est pilotée, entre autres, par les objectifs déclinés en savoir-faire inférieur ou en compétences minimales (Dakers et Dow, 2009; Ginestié, 1999, 2002; Lebeaume, 2000;

McCormick, 2004 Sadj, 2008).

Quant à l'évaluation des apprentissages, les sujets qui s'inscrivent dans cette modalité axée sur les savoir-faire pratiques évaluent en particulier les techniques manuelles, l'utilisation d'outils et organisent une compétition pour sélectionner «le meilleur produit final»:

On l'évalue [l'élève] dans la manière de fabriquer ses pièces, les agencer, et on fait les compétitions. À la fin, on évalue le bateau le plus rapide. (S6)

J'évalue la voiture même. Puis ça se termine par ce qu'on appelle une compétition. Évidemment, on ramasse tous les véhicules puis choisir un jury pour choisir la voiture la plus réussie ou quoi. (S7)

Ils sont [les élèves] évalués sur le traçage. Tout doit être montré. J'évalue le traçage en classe avant qu'ils passent au découpage, sinon je ne peux plus l'évaluer. J'évalue le découpage. Tout l'assemblage de la boîte je l'évalue à la fin. (S10)

Cela montre qu'il y a confusion entre le résultat souhaité de la tâche de conception et la finalité de l'apprentissage. Cette approche guide l'élève vers la construction d'un produit qui est considéré comme finalité. Le recours au guidage de l'action de l'élève divulgue une modalité restreinte du point de vue des apprentissages. Rappelons que le but des activités scolaires dans le cadre de la DCT est non seulement la conception efficace d'une solution technologique, mais aussi l'acquisition de nouvelles connaissances.

Nous pouvons constater, chez certains sujets qui s'inscrivent dans cette perspective, que l'enseignement de la DCT est pris en charge par des techniciens, comme l'illustrent les extraits ci-dessous.

C'est lui [le technicien] qui a monté et testé le projet, qui l'a fabriqué. C'est lui qui l'a enseigné à nous les enseignantes. Comment le réaliser aussi. Comment l'expliquer aux élèves et comment utiliser les différents outils. C'est lui qui a pris les photos pour faire une gamme de fabrication vraiment, vraiment très explicite. Il a testé aussi les différents produits afin de trouver ceux qui étaient les plus efficaces. Oui, il a vraiment une grande part là-dedans. (S12)

La technicienne peut ajuster les dessins, des schémas de construction et de principe par exemple, si elle le voit nécessaire. (S6)

D'une manière générale, toutes les situations de conceptions technologiques proposées par des sujets de cette approche transmissive suivent le même modèle. L'artefact technologique, que ce soit une voiture, un coffret à crayons, une lampe de poche ou autre est le même pour toute la classe. L'accent est mis sur l'acquisition des connaissances procédurales, notamment l'utilisation des machines-outils. Chaque élève est encouragé à suivre à la lettre les procédures indiquées dans le document explicatif fourni au début de l'activité. Lorsque l'élève (le novice) rencontre une difficulté ou lorsque des savoir-faire complexes sont requis, il observe la démonstration de l'expert (l'enseignant ou le technicien). Ce résultat rejoint les résultats d'autres études, notamment celle de Dakers et Dow (2009) qui met en évidence le fait que la démarche de conception, en Europe, suit un modèle similaire pour tous et que l'évaluation se fait sur la qualité de l'objet technologique réalisé; et celle de Lebeaume (2002), qui montre que les pratiques de classe en technologie sont relativement uniformes avec des tendances majoritaires suivantes: faible variabilité du choix des objets-produits, opérations techniques élémentaires et dimension pratique valorisée.

En somme, l'analyse du discours des enseignants permet de relever quelques caractéristiques de la mise en œuvre de la DCT. D'abord, des démarches proposent aux élèves un problème «bien défini» orienté sur l'investigation, mais présentent une limite au niveau du transfert des apprentissages et au niveau de l'apport de la théorie dans la résolution des problèmes technologiques. Ensuite, des démarches axées sur le tâtonnement découragent l'effort et la théorie et laissent l'apprentissage au hasard. En outre, si le problème «mal défini», dans le sens de Jonassen (2000) et Franske (2009), possède un potentiel pour favoriser l'apprentissage des élèves, aucune situation parmi les 27 analysées ne l'utilise pas.

Rappelons que le problème «mal défini» est contextualisé et sa solution exige, dans la plupart des cas, l'intégration des connaissances de plusieurs domaines, comme le préconise le PFEQ. Cela montre que très peu d'enseignants, voire même aucun répondant, n'utilisent de dispositifs de confrontation aux obstacles. Cette logique perd de vue certaines caractéristiques fondamentales de la DCT, telles que tolérer l'ambiguïté et faire face à l'incertitude. Elle rejoint les résultats issus d'autres recherches au Québec et

ailleurs à travers le monde (Bousadra, 2014; Franske, 2009; Ginestié, 1999, 2002; Lacasse et Barma, 2012; Van Barneveld, 2011).

Une explication à cette situation peut être encore reliée à la formation des enseignants. En fait, dans l'incertitude, les enseignants choisissent le fort guidage d'action. Toutefois, comme nous l'avons signalé ci-dessus, faire face à l'incertitude est l'une des principales caractéristiques de la DCT. Dans la plupart des cas, les enseignants utilisent des situations planifiées soit par des organismes de formations, des conseillers pédagogiques, des collègues ou même des techniciens dans certains cas, et guident fortement les élèves afin de les garder dans une zone de confort, comme l'illustre l'extrait ci-dessous.

C'est sûr qu'ils [les élèves] sont guidés par le professeur ou la technicienne beaucoup plus, on est ensemble, surtout la technicienne c'est le côté pratique et côté machine, etc. Le professeur c'est le côté traçage, le mesurage, etc. (S6)

C'est en fait un technicien. C'est lui qui a monté et testé le projet, qui l'a fabriqué, c'est lui qui l'a enseigné à nous, les enseignantes. Comment le réaliser aussi? Comment l'expliquer aux élèves et comment utiliser les différents outils? C'est lui qui a pris les photos pour faire une gamme de fabrication vraiment, vraiment très explicite. Il a testé aussi les différents produits afin de trouver ceux qui étaient les plus efficaces. Oui, il a vraiment une grande part là-dedans. (S12)

2. LA COMPRÉHENSION DE LA DCT

2.1 Les différentes définitions

Notre analyse des réponses à la question «Comment définiriez-vous la DCT?» montre des caractéristiques communes entre deux définitions avancées par les interviewés: a) définitions qui inscrivent la DCT dans la perspective d'une démarche pratique ou technique et b) définitions qui considèrent la DCT comme démarche d'investigation.

a) Dans les définitions qui limitent la DCT aux procédures techniques, l'accent est mis sur les caractéristiques suivantes: suivre la gamme de fabrication, réaliser des dessins des pièces, fabriquer les pièces, faire les essais, améliorer l'objet, etc. Les

sujets S6, S7, S8, S9, S10, S11, S12, S14 et S16 s'inscrivent dans cette catégorie. Nous synthétisons les définitions de cette perspective dans la figure 12.

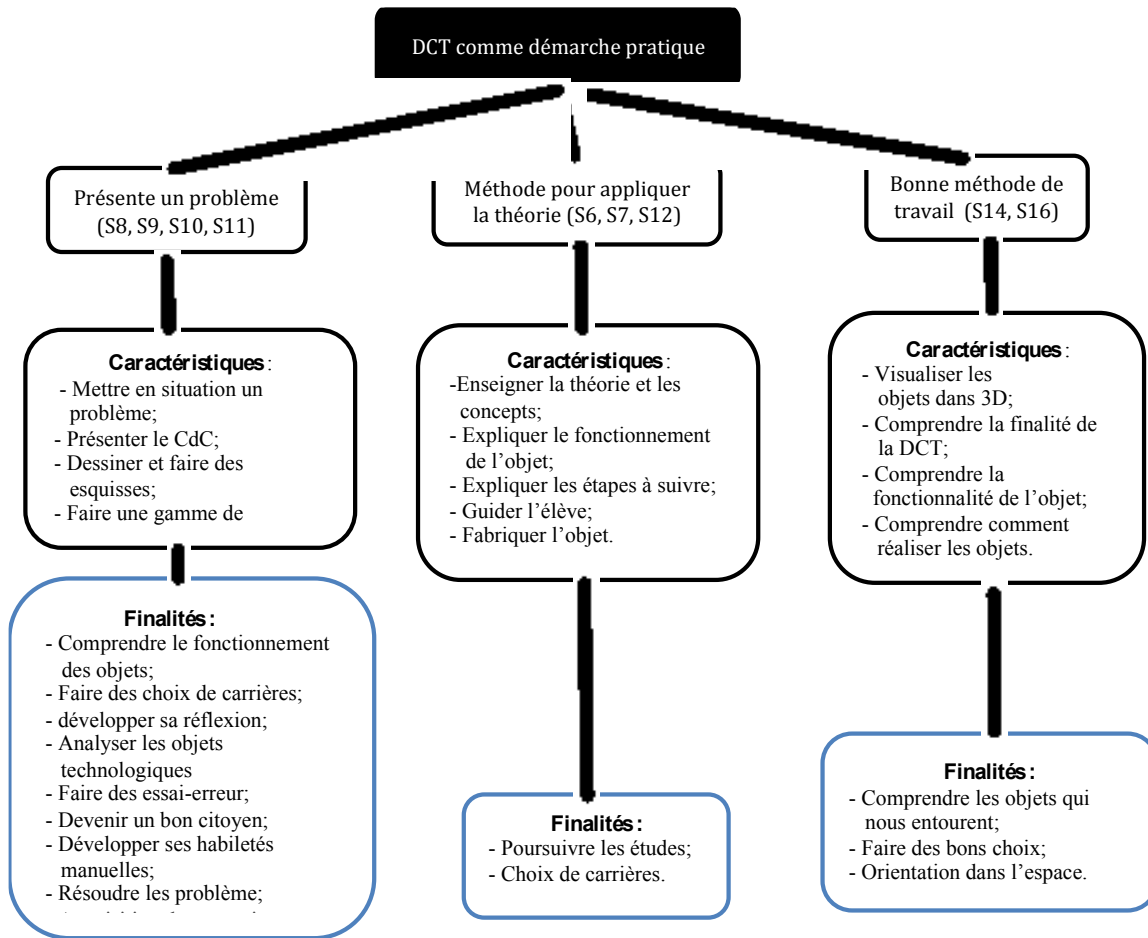


Figure 12 – Définitions techniques de la DCT

La figure 12 montre que quatre sujets seulement incluent le problème ou le besoin humain dans leur définition (groupe de gauche). Les caractéristiques communes entre les définitions des sujets de cet ensemble sont la mise en situation ou le problème, le cahier des charges, les dessins, la gamme de fabrication, la fabrication, l'assemblage et les tests. Les finalités que cet ensemble vise sont diverses: concevoir et réaliser des objets technologiques, comprendre le fonctionnement des objets technologiques, faire des choix de carrière et aider les élèves à développer la réflexion, la résolution des problèmes, leurs habiletés manuelles, leur habilité à faire des liens, à devenir de bons citoyens et à

construire des connaissances. Ce résultat rejoint celui de Lebeaume (2004) qui montre un accord unanime des enseignants sur l'approche de réalisation en technologie.

Bien que les intentions des sujets qui s'inscrivent dans cette perspective aient pour but d'aider l'élève dans la construction de ses connaissances, l'approche transmissive utilisée ne permet qu'une hétérostructuration des connaissances (Dakers et Dow, 2009). Au mieux, l'élève pourrait être amené à appliquer des savoirs acquis dans des cours antérieurs à d'autres situations similaires de manière à vérifier sa compréhension. Comme nous l'avons mentionné précédemment, ce que Johnson (1997) appelle le *near transfer*.

Selon les sujets S6, S7 et S12 (groupe du milieu), la DCT est une méthode qui commence d'abord par l'enseignement des concepts théoriques, suivie des étapes de la DCT. Les principales caractéristiques de la DCT chez cet ensemble sont d'enseigner la théorie et des concepts en liens avec le problème, d'expliquer clairement le fonctionnement de l'objet à fabriquer, d'expliquer les étapes à suivre et enfin, de fabriquer l'objet. Pour les finalités, les trois sujets de cet ensemble visent la poursuite des études et le choix de carrière. Cette logique inscrit l'enseignement de la DCT dans la perspective qui considère que l'objectif principal de cet enseignement est de fournir aux individus spécialement formés des outils pour répondre aux besoins de main-d'œuvre des entreprises et de l'industrie ou pour poursuivre des carrières qui contribuent à la reprise économique. Ces résultats corroborent ceux de Dakers (2006), Barlex (2011) et Wonacott (2003).

Pour les sujets S14 et S16 (groupe de droite), la DCT se définit comme une bonne méthode de travail qui mérite d'être enseignée. Pour ce petit groupe de répondants, la DCT est caractérisée par sa capacité à offrir à l'élève des moyens pour qu'il soit capable de visualiser les objets en 3D et en comprendre le fonctionnement. En termes de finalités, celles-ci sont du même ordre que celles des caractéristiques de la DCT: amener les élèves à comprendre les objets qui nous entourent, à s'orienter dans l'espace et à faire de bons choix. Il est ainsi difficile de mener une discussion sur la définition de la DCT dans cette logique étant donné qu'elle est formulée dans son ensemble sous forme de finalités. Ce point de vue véhicule une DCT centrée sur l'enseignant, l'expert. Ce dernier, en tant que

détenteur du savoir, le transmet aux apprenants à travers la DCT. L'élève a comme principal rôle de bien recevoir l'information, la mémoriser et ensuite l'appliquer. Le danger de cette logique, c'est qu'elle véhicule un déterminisme objectif, tout est prévu, la DCT est préorganisée et la solution est déjà établie. Le plus grand risque est celui de l'asphyxie non seulement de la créativité, mais également de l'aptitude à la recherche, de la capacité d'invention et de la pensée critique.

En résumé, les perspectives qui limitent la DCT aux procédures techniques risquent de dénaturer l'enseignement de la DCT dans la mise en œuvre des activités qui se centrent exclusivement sur les aspects techniques, pédagogiques et organisationnels et qui masquent les contenus d'apprentissage en jeu.

b) Parmi les définitions qui considèrent la DCT comme démarche d'investigation, l'accent est mis sur la recherche. Nous schématisons dans la figure 13 ci-dessous les définitions qui s'inscrivent dans cette logique.

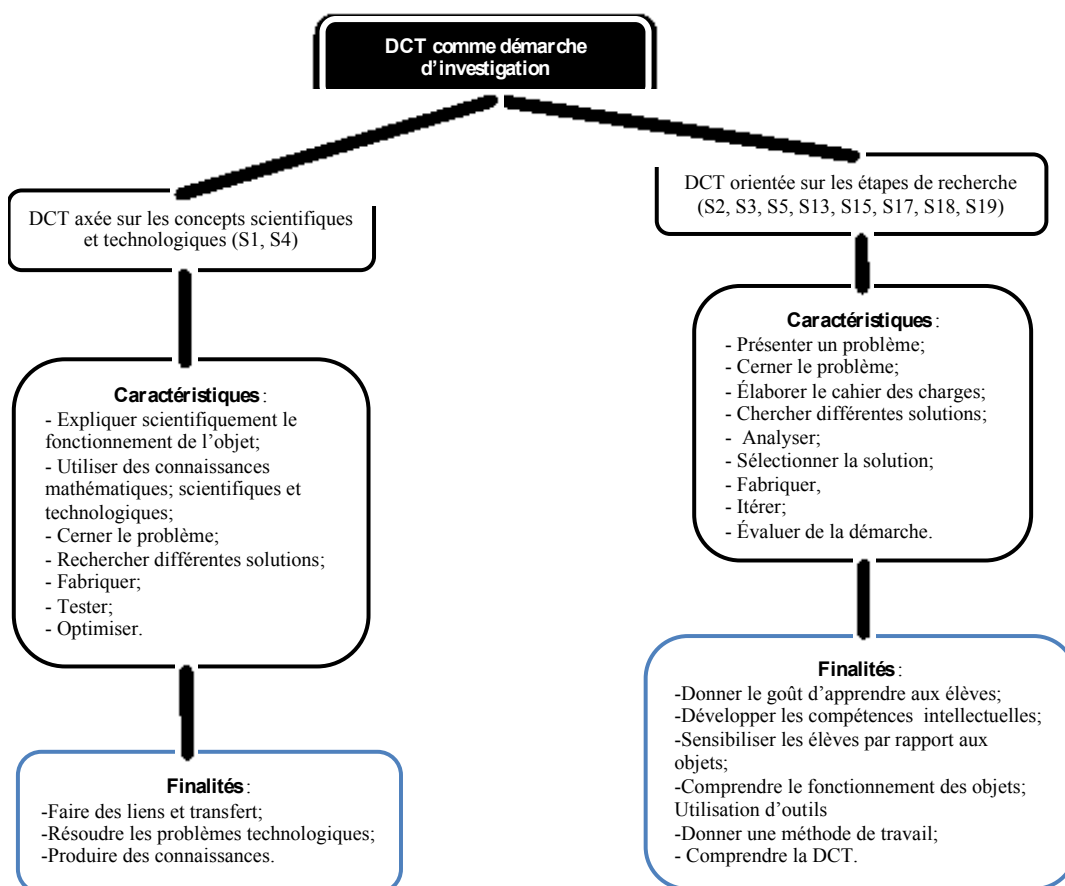


Figure 13 – Définitions de la DCT comme démarche d'investigation

Dans la première définition, celle axée sur les concepts scientifiques et technologiques, les sujets S1 et S4 (groupe de gauche) dégagent les caractéristiques communes suivantes de la DCT: un processus qui renvoie à l'explication scientifique de la fonction de l'objet, à l'utilisation des connaissances scientifiques, technologiques et mathématiques pour cerner le problème; à la recherche des différentes solutions, à la fabrication, aux tests et à l'optimisation. En termes de finalités, les sujets ciblent le développement des connaissances prescrites dans le programme de science et technologie, faire des liens et le transfert des connaissances, ainsi que la résolution des problèmes technologiques.

Dans la deuxième définition, sept sujets (groupe de droite) caractérisent la DCT par un ensemble d'étapes axées sur l'investigation: présenter et cerner le problème, développer le cahier des charges, chercher différentes solutions, analyser les solutions, sélectionner la solution optimale en lien avec le cahier des charges, fabriquer l'objet, la démarche cyclique et enfin évaluer la démarche.

Pour les finalités, ces répondants visent d'abord des compétences transversales et les apprentissages non disciplinaires (donner le goût d'apprendre à l'élève; donner de bonnes méthodes de travail; développer les compétences intellectuelles; sensibiliser les élèves par rapport aux objets). Dans cette logique, la DCT a comme fonction de répondre à la diversité psychologique des apprenants, ou encore, elle sert de moyen d'aborder la motivation des élèves. Cette optique place la DCT dans sa dimension psychopédagogique. Une autre finalité prise en compte par cet ensemble de sujets est le développement des compétences disciplinaires d'ordre méthodologique (comprendre le fonctionnement de l'objet; comprendre la DCT).

Bien que les deux définitions auxquelles renvoient les réponses des enseignants (figure 13) se ressemblent au niveau des étapes, elles sont différentes au niveau des finalités. La définition axée sur les concepts scientifiques et technologiques est centrée sur les savoirs et leur construction. Cela s'explique par la grande importance que ces sujets accordent à la construction des savoirs non seulement pendant les étapes de la DCT, mais aussi dans les finalités. La DCT est considérée, dans cette perspective sociale,

comme un moyen qui facilite l'accès à la connaissance. Cette perspective place l'ET en générale du côté des sciences expérimentales comme le montre Kelley (2008) et Lebeaume (2011). Même s'il n'est pas clairement explicité par les interviewés concernés, cette logique considère l'ET technologique et la DCT comme des propédeutiques pour l'enseignement supérieur, dont la préparation à l'accès aux écoles et aux universités de génie. Ce constat rejoint le résultat de Hamon et Lebeaume (2013), alors que la deuxième définition est centrée sur l'apprenant. Cela s'explique par des finalités entièrement articulées sur l'apprenant, par exemple, créer, chez l'élève, l'envie d'apprendre, le sensibiliser, l'aider à développer ses compétences intellectuelles, produire chez lui des connaissances, etc. Dans la perspective de cette dernière définition, la DCT est considérée comme une approche qui offre aux apprenants des opportunités de développer l'estime de soi et l'autoefficacité. Dans cette perspective, qui rejoint le point de vue épistémologique, la DCT contribue à la construction de sens, à la compréhension des objets technologiques et à la proposition des solutions aux problèmes.

2.2 La relation entre les définitions et la mise en œuvre de la DCT

Les analyses menées dans les sections ci-dessus (mise en œuvre et définitions) montrent une relation univoque, à quelques exceptions près, entre la définition que les sujets attribuent à la DCT et leur manière de mettre en œuvre la démarche dans les pratiques déclarées. En effet, les sujets S9, S10 et S11 s'inscrivent dans la modalité axée sur le tâtonnement (présence d'un problème, mais absence d'une démarche planifiée). Ces trois sujets de même que le sujet S8 définissent la DCT comme un processus technique caractérisé par la mise en situation ou le problème, le cahier des charges, les dessins, la gamme de fabrication, la fabrication, l'assemblage et les tests. L'absence de planification confirme bien cette concordance.

Les sujets inscrits dans la modalité axée sur le guidage d'action, soit les sujets S6, S7, S12, S13, S14 et S17 font tous partie de ceux qui définissent la DCT comme démarche technique (orientée sur l'application des concepts théoriques ou sur la bonne méthode de travail), à l'exception des sujets S13 et S17 qui considèrent la DCT comme une démarche d'investigation.

Les sujets inscrits dans la modalité présentant un problème «bien défini» définissent la DCT comme une démarche d'investigation, à l'exception de S13 et S17 qui la considère comme modalité axée sur le fort guidage d'action.

En somme, nous constatons qu'il y a bel et bien une correspondance entre le sens que donnent les sujets à la DCT et leur mise en œuvre de ce processus dans leur pratique déclarée.

2.3 La DCT et la DIS: caractéristiques communes et différences

Comme nous l'avons déjà annoncé dans le chapitre 4, les réponses à la question sur les caractéristiques communes et les différences entre la DCT et la DIS sont très divergentes. Rappelons que notre question suggère aux sujets d'illustrer, en s'appuyant sur des exemples, les différences et les points communs entre ces deux démarches. Nous schématisons, dans la figure 14, les réponses fréquentes des sujets à cette question.

Tous les répondants affirment que la DCT et la DIS possèdent en commun plusieurs caractéristiques (certaines étapes telles que les manipulations, l'utilisation des outils, matériels et matériaux, la récolte des données, etc.) et font appel aux connaissances scientifiques et mathématiques. Un seul sujet évoque explicitement que les deux processus sont des démarches qui visent la production des connaissances:

Ce qui est commun [entre la DIS et la DCT], je dirai les mathématiques. (S5)

Les points communs c'est que ça reste toujours dans la théorie, c'est-à-dire des concepts scientifiques. [...]. Les deux ont en commun, c'est que moi je pense à tous les concepts vus, c'est-à-dire à la théorie dans les cours de science et technologie. (S6)

Mais ce qu'il faut savoir c'est que les deux démarches mènent à la production des connaissances. (S18)

Quant aux différences, la plupart des sujets les distinguent par leurs finalités. La DCT a pour but de répondre à un besoin humain ou à un problème technologique, tandis que la DIS vise à répondre à une question ou à vérifier une hypothèse scientifique. Ci-dessous un extrait à l'appui.

Au laboratoire, on parle d'une observation, on se pose une question. Émettre une hypothèse. Après ça, on va faire une expérience. On va récolter des données. Et ensuite, on va appeler ça analyser, et on va conclure. (S8)

Pour « la recherche », les deux sujets qui ont évoqué cette caractéristique, disent que dans la DCT, la recherche se fait en début de processus, tandis qu'en DIS, la recherche, si elle est menée, se fait à la fin, après la collecte des données. Selon le sujet S2,

En technologie, on débute, on fait la recherche. Puis on fait la conception, puis, là, on fabrique. Puis après ça, on évalue ce que nous avons fabriqué, puis on tire nos conclusions. Face à ça, bien, la démarche scientifique, on fait la même affaire, puis assez souvent, on fait la recherche qu'on est rendu dans l'analyse.

Pour ce qui est de l'itération, quatre sujets qui mentionnent cette caractéristique indiquent que la DCT est itérative et que cette particularité permet toujours d'optimiser la solution au problème, alors que la DIS est rigide ou peu itérative, comme l'illustrent les extraits suivants.

Peut-être, il y a un peu moins de va-et-vient, de retour, suite à l'expérience en science. (S3)

Une est très rigoureuse, la scientifique, l'investigation scientifique est rigoureuse. Il faut des étapes bien précises. Et tu ne peux pas avancer d'une étape à l'autre si tu n'as pas réussi la première. Alors que dans la conception, mais non, il n'y a pas de rigueur absolue. Il y a de la créativité tout en respectant les étapes, je ne dirai pas dans une investigation, mais dans une création. (S9)

La DIS est plus rigide par rapport à la DCT. (S13)

Le nombre de solutions est aussi considéré, par deux sujets comme une différence entre les deux processus. Selon eux, plusieurs solutions sont possibles lorsqu'on utilise la DCT, alors qu'en DIS, il y a une seule solution possible, comme l'illustre l'extrait ci-dessous.

En science par contre, on ne prendra pas plusieurs solutions possibles, on va juste demander à un élève d'émettre une seule hypothèse et non

pas plusieurs, contrairement à la technologie où on demande plusieurs possibilités de produit. Donc, ça, c'est des différences. (S3)

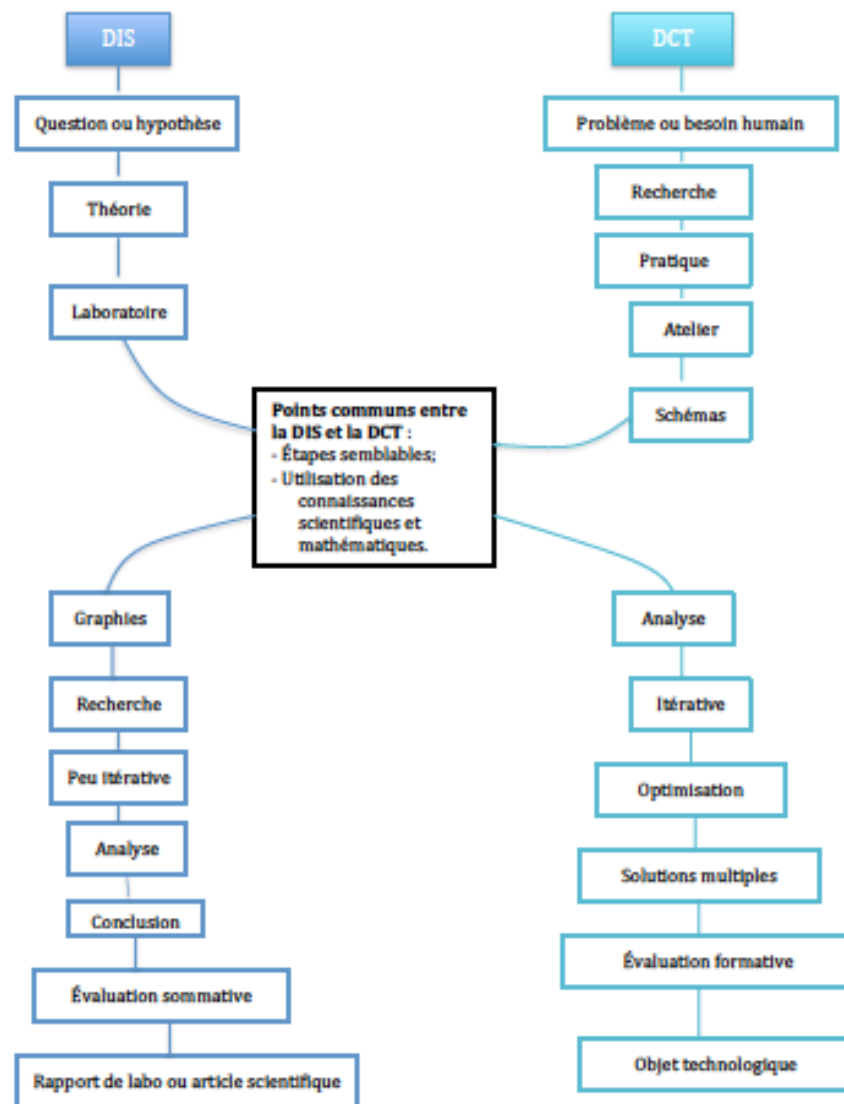


Figure 14 – Caractéristiques communes et différences entre la DCT et la DIS

Quant à l'évaluation, un sujet pense qu'en DCT, on évalue tout au long du processus (évaluation formative); tandis qu'en DIS, on évalue rarement et seulement à la fin de la démarche (évaluation sommative).

Pour le produit final, 11 répondants considèrent que la DCT amène à la fabrication d'un objet technologique, alors que la DIS se termine par un rapport de

laboratoire ou, à la limite, par un article scientifique. En effet,

Pour la DCT, on a un objet technique à la fin, OK, qui doit répondre au besoin qui a été exprimé dans le problème. (S4)

[En DIS], il va y avoir des données claires, des fiches pour analyser. Et la fin de la création, ça va être juste un rapport de laboratoire, ou à la limite, je pourrai écrire un article scientifique sur le sujet. Et la DCT, c'est sûr que je l'associe plus à la création du produit, là. (S19)

Le sujet S1 a une tout autre perspective des deux processus. Afin de faciliter la compréhension de sa perception, nous synthétisons sa réponse dans la figure 15.

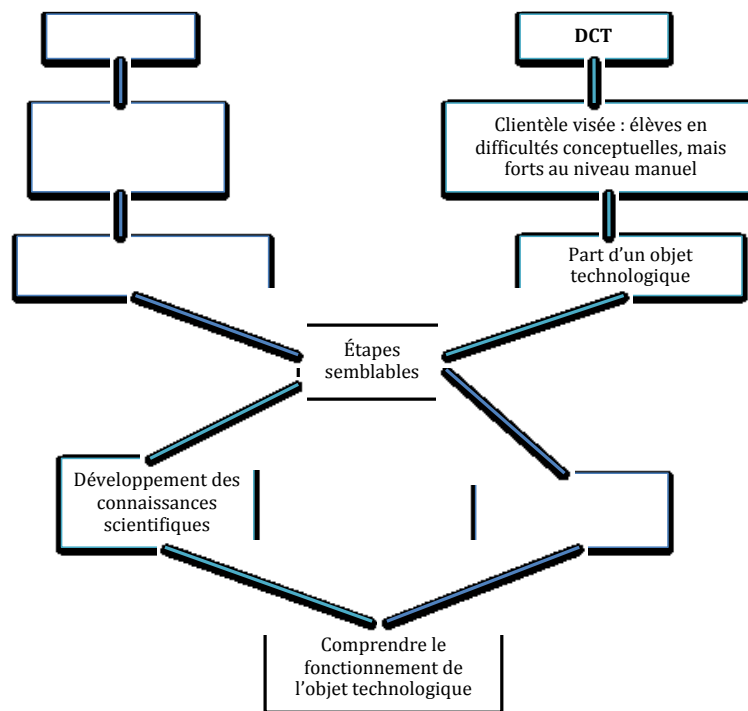


Figure 15 – DCT vs DIS, cas particulier

Dans sa logique, les deux processus se distinguent par la catégorie d'élèves visée. De l'avis de ce répondant, la DCT est destinée aux élèves qui éprouvent des difficultés d'ordre conceptuel, mais qui ont des compétences manuelles assez développées, alors que la DIS est destinée aux élèves qui sont forts au niveau conceptuel. L'extrait ci-dessous illustre bien ce constat.

La DCT part de la technologie, c'est ce qu'on appelle dans le

programme, ATS. Elle est destinée aux élèves qui ont la difficulté à maîtriser des concepts théoriques, mais qui ont des compétences très manuelles. (S1)

Pour les deux processus dans leur ensemble, ce sujet considère que la DCT part d'un objet technologique pour en arriver à la construction des connaissances scientifiques en traversant des étapes communes aux deux processus. Sa finalité, dans sa logique, est la compréhension de l'objet technologique.

Quant à la DIS, elle part des connaissances scientifiques pour en arriver à la conception d'un objet technologique, en passant par les étapes communes également. La finalité de cette dernière est également la compréhension de l'objet technologique. Nous présentons ci-dessous quelques extraits à l'appui.

[Pour la DCT], tu pars d'un objet, tu leur fais construire l'objet; tu fais un retour, tu leur dis ce que tu as fait, s'appelle ça, l'autre s'appelle ça, pour leur insérer les connaissances. Alors l'autre démarche [DIS], tu pars des connaissances, et tu vas vers la conception. (S1)

Les objectifs sont les mêmes. L'objectif c'est comprendre le fonctionnement d'un objet technologique. (S1)

Notons que dans le contexte où la science et la technologie sont intégrées dans la même discipline, nous estimons qu'il est très important de distinguer ce qui découle d'une part, de la technologie et d'autre part, de la science, notamment leur processus spécifique. Ce résultat corrobore ceux de Leonard et Derry (2011) qui soulignent que lorsque la science et la technologie sont intégrées, il est important d'établir les trois distinctions suivantes: 1) les objectifs. 2) les pratiques et 3) les savoirs. Pour les objectifs, la DCT cherche à répondre à un besoin humain, tandis que la DIS a pour but la compréhension d'un phénomène naturel. Derrière ces différences se trouvent diverses croyances et théories sur la nature et les limites des savoirs et leurs acquisitions, ainsi que différentes normes pour accepter des propositions. En termes de pratiques, les technologues se livrent à la modélisation et à l'expérimentation telles qu'elles sont utilisées dans la DIS, mais avec des buts et des qualités différentes. En matière de savoirs, les principes scientifiques et mathématiques sont nécessaires pour la technologie, de même que la connaissance technologique pour les sciences.

Ces résultats concordent également avec ceux d'autres chercheurs. En effet, selon Bybee (2011), la DIS part d'une question et la pratique de base d'un scientifique est de formuler des questions empiriquement vérifiables sur des phénomènes naturels, en se basant sur les données scientifiques déjà connues, comme le témoigne l'extrait suivant:

Science begins with a question about a phenomenon such as "Why is the sky blue?" or "What causes cancer?" A basic practice of the scientist is the ability to formulate empirically answerable questions about phenomena to establish what is already known, and to determine what questions have yet to be satisfactorily answered⁴⁵ (Ibid., p. 2).

Alors que la DCT part d'un problème à résoudre, la pratique d'un concepteur est de poser des questions pour clarifier le problème, déterminer les critères de réussite de la solution et d'identifier les contraintes.

Pour l'«investigation», Bybee (Ibid.) souligne que la planification et l'investigation sont essentielles pour les deux démarches. Pour la DIS, une pratique importante des scientifiques est de planifier et de mener des enquêtes systématiques pour identifier les variables importantes pour la question à l'étude, alors que pour la DCT, l'investigation est conduite pour spécifier les contraintes et proposer des tests comme l'illustre l'extrait suivant.

Engineering investigations are conducted to gain data essential for specifying criteria or parameters and to test proposed designs. Like scientists, engineers must identify relevant variables, decide how they will be measured, and collect data for analysis⁴⁶. (Ibid., p. 2)

En ce qui a trait à l'espace du recueil des données, Bybee (Ibid.) précise que la DIS se déroule dans un laboratoire ou sur le terrain, tandis que la DCT a lieu dans un atelier.

⁴⁵ Traduction libre: «La science commence par une question sur un phénomène tel que «pourquoi le ciel est-il bleu?» ou «qu'est-ce qui cause le cancer? Une pratique fondamentale du scientifique est la capacité de formuler les questions pertinentes sur les phénomènes pour établir ce qui est déjà connu, et de déterminer quelles questions ne sont pas encore traitées d'une manière satisfaisante» (Bybee, 2012, p. 12).

⁴⁶ Traduction libre: «L'investigation technologique est effectuée pour obtenir des données essentielles pour spécifier des critères et pour tester les solutions proposées. Comme les scientifiques, les technologues doivent identifier les variables pertinentes, décider comment les mesurer et recueillir des données pour l'analyse» (Bybee, 2012, p. 2).

Bybee (*Ibid.*) insiste également sur l'analyse dans les deux démarches. Selon cet auteur, dans la DIS, l'analyse est nécessaire pour construire le sens; alors qu'en DCT, il faut analyser les données collectées pendant les tests pour pouvoir comparer les différentes solutions ou pour réaliser l'optimisation.

Quant à l'utilisation des connaissances mathématiques et scientifiques, Bybee (*Ibid.*) soutient que, dans la DIS, leur utilisation est fondamentale afin de représenter les variables et d'étudier les relations entre elles; alors qu'en DCT, ces connaissances sont nécessaires et toujours intégrées à la conception afin de mener l'optimisation.

Pour la finalité, l'auteur considère que la DIS vise la construction d'une compréhension d'un phénomène ou l'élaboration d'une théorie; alors que la DCT vise la conception technologique d'une solution systématique aux problèmes basée sur des connaissances scientifiques et des modèles du monde matériel. Pour tout problème de conception technologique, il n'existe pas de solution unique, mais plutôt, plusieurs solutions possibles. Toutefois, la solution optimale est celle qui respecte le mieux le cahier des charges (*Ibid.*)

2.4 L'intégration des contenus scientifiques et technologiques

Sur le plan de l'intégration des contenus en provenance de la science et de ceux en provenance de la technologie dans la même situation d'enseignement-apprentissage, 13 répondants sur 19 déclarent qu'ils intègrent les deux contenus dans une même activité. Comme nous l'avons constaté dans le chapitre quatre, 12 sujets affirment qu'ils intègrent, mais rarement, les contenus scientifiques et technologiques dans la même activité. Le treizième répondant signale que les deux contenus sont indissociables et que, par conséquent, ils sont toujours intégrés dans sa pratique. On pourrait dire que la visée d'intégration telle que préconisée par le PFEQ a été en partie mise en œuvre chez la majorité des sujets.

Quant aux raisons qui sous-tendent cette intégration, nous constatons que les contenus complémentaires et l'application des lois scientifiques sont les plus fréquents. Cette logique réduit l'intégration des sciences et technologies à son point de vue sociologique dans le sens de Beane (1997). Dans cette perspective, l'intégration est alors

appréhendée comme un moyen qui facilite l'accès à la connaissance pour tous.

Rappelons que non seulement le PFEQ, mais également la recherche scientifique insiste sur l'intégration des contenus en provenance des différentes matières scolaires.

En effet, Havice et Simmons (1998) soulignent que l'intégration des différentes matières scolaires dans le programme peut avoir un grand impact sur l'apprentissage des élèves, car dans les applications de la vie réelle, il est impossible de séparer les différentes composantes dans la résolution d'un problème. Ce résultat rejoint également celui constaté par Conte et Weber (1999), qui considèrent que l'ET, axée sur la conception technologique, présente non seulement un niveau élevé de motivation pour les élèves, mais leur fournit aussi des occasions authentiques pour intégrer les concepts scientifiques et technologiques.

En ce qui concerne ceux qui n'intègrent pas les contenus scientifiques et technologiques dans la même situation d'apprentissage, ils indiquent tous qu'ils ne possèdent pas de formation adéquate pour mener efficacement cette intégration. Les quelques extraits ci-après illustrent ces justifications.

C'est des enseignants de sciences qui donnent ce cours-là [technologie]. Donc, forcément, de leur part, ils mettent plus l'accent sur le côté scientifique et beaucoup moins sur le côté technologique. Mais ce n'est pas de leur faute, là. Personne n'avait travaillé avec des machines-outils avant. (S7)

Par contre, la formation qu'on a reçue nous, les enseignants de science, par rapport à la technologie n'est pas adéquate et n'est pas complète. On avait quelques petites formations ici et là qui fait en sorte qu'on n'est pas à l'aise de l'intégrer dans nos cours de science, car à la base, nous sommes des scientifiques et pas des gens qui ont étudié, avant, la technologie. (S3)

Et moi, là, je ne fais pas la job en technologie. Je m'aperçois des fois que la formation, je ne l'ai pas eu en technologie. (S11)

Pas ensemble [intégration des sciences et technologies], je les fais séparément. Je traite la science seule, et je traite la technologie seule. Je ne suis pas à l'aise pour les intégrer. (S10)

Parce que moi je ne suis pas à l'aise à mener cet enseignement-là [technologie]. (S12)

Le problème c'est la formation des enseignants et l'intérêt des enseignants aussi. (S19)

Ces résultats rejoignent ceux du CSE (2013), qui souligne que l'intégration des deux univers technologique et scientifique constitue l'une des principales difficultés des enseignants. Le Conseil ajoute qu'une part importante des enseignants de science et technologie actuellement en fonction n'ont pas été formés dans le domaine de la technologie.

2.5 Les finalités de l'ET: points de vue des enseignants

L'analyse des réponses des sujets au regard des finalités de l'ET présentées dans le tableau 18 (au chapitre 4) montre que la plupart des répondants sont d'avis que la finalité de cet enseignement devrait être, entre autres, le développement des compétences transversales, des savoir-faire et la poursuite des études et choix de carrière. Cependant, un petit groupe de quatre sujets déclare que la finalité de l'ET devrait être le développement de la culture technologique. Notons que trois sujets parmi les quatre enseignants qui considèrent la culture technologique comme finalité ont suivi une formation en technologie.

Le résultat en regard de la culture technologique rejoint ceux constatés par plusieurs chercheurs et organismes (Daugherty, 2005; Lewis, 2005; Martinand, 2000; Wicklein, 2006; ITEA, 2007). Dans cette perspective, la nécessité d'enseigner la culture technologique à tous les élèves du secondaire est clairement établie.

Ce résultat concorde également avec les attentes du MELS (Gouvernement du Québec, 2006) qui précise que le programme vise à développer chez les élèves une culture scientifique et technologique de base accessible à tous.

Pour ceux qui visent les savoir-faire, le choix de carrière et les compétences transversales seulement, ils accordent une grande importance aux habiletés manuelles et au développement social de l'élève. Dans cette perspective, l'ET technologique ne s'est réellement pas éloignée de son ancêtre, l'enseignement technique et manuel. Ce résultat rejoint ceux relevés par l'étude de Kelley (2008), qui constate que *«It appears that the field of technology education has not moved far from its industrial arts roots. As a matter*

of fact, a similar survey item, developing skill in using tools and machines»⁴⁷ (p. 129).

Le cas particulier de notre étude indique que la finalité de l'ET est de réussir l'examen du MELS en 4^e secondaire. Cela montre l'ampleur de la pression que subissent les enseignants qui sont jugés trop souvent sur la simple réussite de leurs élèves à l'examen du MELS de fin d'année en 4^e secondaire et les résultats attendus par les commissions scolaires et les parents.

L'examen du MELS, comme facteur modelant l'enseignement de l'ET en général et de la DCT en particulier est ressorti plusieurs fois dans notre analyse, notamment chez les enseignants de la 4^e secondaire. L'analyse conduite met en évidence le fait que l'enseignement de l'ET en 4^e secondaire est structuré autour de l'examen du MELS qui accorde un très grand pourcentage de questions aux contenus des deux univers technologique et matériel seulement. Cela peut être une explication plausible au fait que les enseignants de ce niveau ciblent par leur situation de conception technologique la validation des concepts scientifiques.

3. LA FORMATION DES ENSEIGNANTS ET LES MODALITÉS DE MISE EN OEUVRE

Au regard de la formation des enseignants, nous avons recueilli à la fin de l'entrevue des informations sociodémographiques dans lesquelles figure la question sur la formation en technologie (didactique ou autre). Huit répondants parmi les 19 interviewés disent qu'ils ont été formés en technologie (didactique, génie et technique confondus).

La synthèse des résultats présentée en annexe D montre que les trois quarts des enseignants formés en technologie s'inscrivent dans la perspective qui définit la DCT comme démarche d'investigation (section 2.1B ci-dessus). En ce qui a trait aux finalités de la DCT, elles sont considérées, pour ce groupe de répondants, selon trois dimensions: soit d'un point de vue psychopédagogique (différentiation pédagogique ou motivation des élèves), soit d'un point de vue sociologique (faciliter l'accessibilité aux savoirs pour tous ou se comporter en bons citoyens), ou soit d'un point de vue épistémologique

⁴⁷ Traduction libre: «Il appert que le domaine de l'éducation technologique ne s'est pas beaucoup éloigné de ses racines d'arts industriels. En fait, un élément d'enquête similaire, le développement de compétences dans l'utilisation des outils et des machines» (Kelley et Wicklein, 2009, p. 129)

(construction du sens et compréhension de l'impact de la technologie). Voici quelques extraits qui appuient ces différents points de vue.

Point de vue psychopédagogique:

La DCT permet aussi d'aller chercher ces élèves-là qui ont besoin d'une démarche un peu plus concrète. C'est la différenciation pédagogique. (S18)

Point de vue sociologique:

C'est de mettre l'accent sur ces concepts, et à travers un projet comme ça, c'est de les cerner beaucoup plus facilement. (S4)

Le fait de faire un retour sur le débat, c'est une bonne chose en réflexion chez l'Homme. Je pense à les rendre de bons citoyens. (S9)

Point de vue épistémologique:

qu'il [l'élève] apprenne que les concepts théoriques ne sont pas figés. (S1)

Certes, notre recherche n'a pas pour but de confirmer ou d'infirmer une hypothèse en particulier, mais les résultats montrent une corrélation possible entre la formation de base des enseignants et leur compréhension de la DCT.

Si nous nous appuyons sur les résultats des études similaires, l'étude de Gattie et Wicklein (2007) montre également que la formation des enseignants qui prennent en charge l'enseignement de la DCT est nécessaire afin de les outiller pour enseigner la conception technologique. Ces enseignants ont besoin d'acquérir des connaissances fondamentales de cet enseignement. En outre, nos résultats rejoignent ceux constatés dans l'étude de Kelley et Wicklein (2009): «*the results of this study suggested that technology teachers are not emphasizing these curriculum content areas and quite possibly these teachers do not have the necessary knowledge to do so effectively [teaching the design process]*»⁴⁸ (p. 129).

⁴⁸ Traduction libre: «Les résultats de cette étude ont montré que les enseignants de la technologie ne mettent pas l'accent sur ces contenus des programmes d'études, et ces enseignants ne possèdent probablement pas les connaissances nécessaires pour le faire efficacement [enseigner la démarche de conception]» (Kelley et Wicklein, 2009, p. 129).

En lien avec la recherche dans le contexte québécois, nos résultats rejoignent ceux de Hasni *et al.* (2012) qui montrent que seulement 42 % des enseignants de science et technologie, estiment qu'ils ont soit une bonne (28,6 %), soit une excellente (13,4 %) maîtrise de contenus technologiques.

Pour le développement professionnel, de toute évidence, au cours des dernières années, plusieurs efforts ont été fournis par le Gouvernement du Québec et par les commissions scolaires pour offrir des opportunités de perfectionnement aux enseignants qui prennent en charge l'enseignement de la technologie au secondaire. À l'évidence, tous les répondants disent qu'ils ont suivi quelques formations de perfectionnement avec les commissions scolaires. Certains ont exprimé que les contenus de ces formations étaient d'ordre technique seulement. Ils portaient principalement sur l'utilisation des machines-outils, la sécurité au travail et les dessins techniques. Cependant, les résultats de cette étude montrent l'insatisfaction des enseignants à l'égard des contenus de ces formations. Ces résultats rejoignent ceux obtenus par Beijaard, Verloop et Vermunt, (2000) qui soutiennent qu'il existe un besoin de reconnaître que les connaissances professionnelles des enseignants de la technologie ne se réduisent pas aux actions techniques ou instrumentales. Comme nous l'avons vu dans le cadre conceptuel, en termes de contenus de la formation ou du développement professionnel des enseignants, Banks (2008) souligne que les formes de connaissances dont les enseignants ont besoin pour enseigner efficacement les savoirs et les processus technologiques sont les contenus disciplinaires (*subject content knowledge*), les contenus enseignables (*pedagogical knowledge*) et les connaissances contextuelles (*subject school knowledge*). Ces dernières permettent à l'enseignant de comprendre que la DCT à l'école est différente de la DCT dans le domaine industriel et à l'extérieur de l'école.

4. LES DÉFIS RENCONTRÉS

Plusieurs chercheurs et organismes ont entrepris d'étudier les défis ou les difficultés auxquels font face les enseignants de la technologie dans le cadre de l'enseignement de la DCT (Kelley, 2008; Hasni *et al.*, 2012). Notre étude rejoint cette orientation et vise, par son troisième objectif, l'étude des défis ou obstacles rencontrés

par les enseignants pendant la mise en œuvre de la DCT dans leur pratique. Nous avons demandé également aux répondants de nous décrire les défis rencontrés par les autres acteurs (élèves et technicien).

4.1 Les défis des élèves du point de vue de l'enseignant

L'analyse des pratiques déclarées montre que les difficultés rencontrées par les élèves, du point de vue de l'enseignant, sont d'ordre psychologique et d'ordre social (imagination, débrouillardise, gaspillage, réflexion, organisation, travail en équipe, collaboration, poser de bonnes questions, etc.). Quatorze sujets parmi les 19 interviewés ont mentionné cette catégorie de difficulté. En deuxième lieu, les répondants disent que les habiletés manuelles et techniques sont parmi les obstacles rencontrés par les apprenants. Les situations nouvelles et les éléments déclencheurs arrivent au troisième rang. Les défis d'ordre conceptuel ont été mentionnés par quatre enseignants seulement.

Si on considère que les êtres humains sont souvent portés à accorder plus d'importance à ce qu'ils apprécient le plus, à y réfléchir davantage et à y accorder plus de temps et d'énergie, nous pouvons constater que la majorité des répondants accorde une importance particulière aux savoir-faire et aux interactions sociales entre les apprenants. Le manque de considération des défis d'ordre épistémologique confirme cette orientation.

4.2 Les défis des enseignants

Si l'étude de Lebeaume (2004) montre que l'enseignement de la DCT pose plusieurs défis aux enseignants de cette discipline en France, même si ces derniers sont tous largement formés en technologie, qu'en est-il de la situation au Québec où la majorité des enseignants de ST ne sont pas formés en technologie?

Dans notre échantillon composé de 19 individus, seulement 8 ont été formés en technologie (génie, technique et didactique confondus). L'analyse des résultats de l'étude montre que les cinq défis les plus fréquemment relevés par les répondants sont la gestion du besoin et les travaux d'équipe, les problèmes d'équipement, la formation en technologie, la motivation de l'élève et les défis associés à l'atelier et à la disponibilité du technicien. Ceux qui ont évoqué la gestion du besoin ont fait référence aux besoins des

élèves, notamment leurs nombreuses questions. Pour les travaux d'équipe, c'est la gestion des tensions sociales au sein d'une même équipe. Cette logique place les défis rencontrés par les enseignants dans la dimension sociale.

Quant à ceux qui ont abordé les problèmes d'équipement, ils font référence aux matériaux et outils disponibles en atelier. Ce point de vue inscrit les défis rencontrés dans la dimension des ressources matérielles.

En ce qui concerne la formation, bien que presque tous les répondants aient évoqué la formation en technologie comme obstacle auquel les enseignants de cette discipline font face pendant la mise en œuvre de la DCT et dans l'intégration des contenus en provenance de science et de technologie, quatre seulement l'ont mentionnée dans la question sur les défis enseignants. Cette perception place les défis rencontrés par les enseignants dans sa dimension didactique.

Ces résultats corroborent plus ou moins ceux trouvés par d'autres chercheurs. En effet, dans son enquête menée auprès de 285 enseignants membres de l'ITEA, Kelley et Wicklein (2009) proposent aux participants de classer un ensemble de 14 défis inspirés de l'étude de Gattie et Wicklein (2007). Les défis les plus cotés et qui peuvent s'appliquer à l'enseignement de la DCT et de l'ET dans le contexte québécois sont, en ordre décroissant, l'intégration des connaissances scientifiques et mathématiques appropriées, l'identification des ressources didactiques appropriées, les problèmes d'équipement, le manque de collaboration avec les technologues à l'extérieur de l'école, etc. Le questionnaire de Kelley et Wicklein (2009) contient aussi une question ouverte qui propose aux participants de noter d'autres défis auxquels ils font face pendant la mise en œuvre de la DCT. Les défis émergents sont représentés dans le tableau 39 où *f* représente la fréquence (le nombre de fois que le défi est proposé).

Ce tableau montre que les défis émergents sont, par ordre décroissant de *f*: d'ordre financier (les fonds ou les finances), d'ordre curriculaire (ambiguïté des instructions, confusion entre compétences et connaissances), d'ordre institutionnel (support de la direction et des collègues), d'ordre psychologique (engagement et motivation de l'élève), d'ordre de la contrainte de temps (temps pour le perfectionnement, temps reconnu pour la planification et la collaboration), d'ordre d'équipement (matériel et matériau), d'ordre de

l'horaire de l'élève, d'ordre des connaissances technologiques de l'enseignant (didactique), et d'ordre spatial (atelier ou laboratoire). Dans le même sens, les résultats de l'étude de Vessel (2011) mettent l'accent sur les défis d'ordre des ressources didactiques nécessaires pour enseigner la DCT.

Tableau 29
Défis émergents

Teacher Challenge	<i>f</i>
Money - lack of funds to purchase state of the art equipment, budget cuts, changes are costly	14
Curriculum Lack of clear and concise, unrestricting, appropriate blend of skill and knowledge	11
Support -lack of support from administration (3), guidance(1) mathematics and science teachers(1) community (2) State Education Dept (4)	11
Enrollment - fear of loss of students due to lack of interest, academic ability, motivation	11
Time - lack of time for professional development, teacher prep time, etc	9
Equipment and Software - lack of needed equipment, tools, and software	8
Student Schedule -lack of room in student schedule for electives due to graduation requirements	7
Teacher Knowledge - lack of teacher knowledge about engineering design content	3
Lab Space	3

Tiré de Kelley,et Wicklein 2009, p. 44.

Bien que notre analyse ne dégage pas les trois premiers défis et la contrainte de temps identifiés par Kelley et Wicklein (2009), nous pourrions supposer qu'ils sont bel et bien présents, mais d'autres études seraient nécessaires pour approfondir cette question.

4.3 Les défis liés au rôle du technicien du point de vue de l'enseignant

Tout d'abord, notons que le rôle du technicien de laboratoire dans le contexte de l'école secondaire québécoise est d'assister l'enseignant dans les réalisations expérimentales. Sa tâche se limite théoriquement au soutien technique tel que préparer le matériel des laboratoires, tester le fonctionnement des montages expérimentaux, commander les matériaux périssables, assister les élèves dans l'utilisation des machines-outils, etc. Cependant, les résultats de cette étude montrent que certains techniciens dépassent leur tâche pour prendre en charge, voire contrôler, quelques situations

d'apprentissages et leur déroulement.

En ce qui a trait aux défis rencontrés par les techniciens selon les enseignants, sept répondants soulignent qu'ils ont éprouvé des difficultés dans la préparation et dans la gestion du matériel. Trois sujets ont fait remarquer que les techniciens avaient rencontré des problèmes d'équipement. D'autres défis sont associés à la compétence, à la formation du technicien, au nombre élevé d'élèves en atelier, à la diversité des projets, à la sécurité des élèves, etc.

En synthèse, il semble assez clair, au regard de notre étude, que l'enseignement de la DCT n'est pas un enseignement des procédures techniques uniquement. Il s'agit bien d'une construction de savoirs enseignés qui relève d'un processus de pratiques de références. Ce qui est en jeu dans l'enseignement de la technologie en général, et celui de la DCT en particulier, c'est que nous avons besoin de reconnaître les pratiques technologiques pour un ensemble de raisons culturelles, loin de toutes considérations d'ordre utilitaire (Barlex, 2011; Sigaut, 1987, dans Lebeaume et Hasni, 2015). Les connaissances technologiques soumises à l'apprentissage ne doivent pas être composées d'une accumulation de recettes (Sigaut dans *Ibid.*). Elles doivent être organisées suivant une cohérence qui est le propre de toute connaissance scientifique ou technologique, contrairement aux disciplines techniques traditionnelles.

Comme le souligne Martinand (2003), en ET il faut penser et analyser les écarts entre activités scolaires et pratiques sociotechniques prises pour référence. Rappelons que les activités technologiques sont différentes entre le monde scolaire et le monde extérieur en termes des ressources disponibles, en termes d'expertise et de contraintes budgétaires. Si l'on en juge par l'évolution majeure du programme de l'ET ces dix dernières années, il semble que ces pratiques sont loin de rencontrer les objectifs poursuivis afin d'atteindre la finalité du PFEQ, soit la culture technologique.

CONCLUSION

“Where we go is not determined by where we want to go.”
Marty Rubin

Cette étude a pour objectif de décrire les pratiques d’enseignement déclarées chez les enseignants en sciences et technologies qui prennent en charge l’enseignement de la DCT au secondaire. Plus spécifiquement, nous avons exploré la manière dont les enseignants abordent la DCT en classe. Cette recherche s’inscrit dans le contexte socioéducatif de la récente réforme pédagogique québécoise qui a mené à une reconfiguration profonde de l’ET par l’entremise de l’approche par compétences et de l’intégration des sciences et technologies.

Ces changements profonds ont soulevé la question relative aux savoirs technologiques et leurs rôles dans la formation de l’élève autant au Québec qu’à l’échelle internationale. Le recours à l’approche par compétences et aux approches pédagogiques prônées par la récente réforme concrétise ce questionnement relatif aux savoirs. Dans cette étude, nous avons abordé la question de l’enseignement de la DCT sous l’angle des pratiques déclarées d’enseignement.

En dépit de l’ampleur des écrits scientifiques portant sur l’enseignement de l’ET en général, et celui de la DCT en particulier, et en raison de la diversité des objets de recherche, nous avons noté une entrée peu documentée, à savoir, la description des pratiques déclarées des enseignants dans le cadre de l’enseignement de la DCT dans le contexte particulier du Québec où la majorité des enseignants ne sont pas formés en technologie.

Pour notre étude, nous avons choisi un échantillon de convenance de 19 enseignants respectant les critères suivants: enseigner la science et technologie au secondaire et enseigner actuellement ou avoir enseigné la DCT, ou encore l’avoir enseigné en cours de l’année ou au plus tard l’année dernière.

Les résultats de l’étude font ressortir le fait que les sujets répondants entretiennent des compréhensions diverses des caractéristiques de la DCT, ce qui

conduit à une variété de modalités de mise en œuvre de ce processus.

Néanmoins, quoique les caractéristiques de la DCT (dégagées des mises en œuvre et des définitions que retiennent les répondants) soient nombreuses, elles peuvent se regrouper en trois principales modalités. Celles-ci dépendent évidemment des spécificités que chaque répondant avance pendant l'entrevue. L'analyse du discours montre que: a) pour certains enseignants, la DCT présente un besoin ou un problème technologique à résoudre, ainsi qu'une démarche de conception axée sur l'investigation et un produit final qui guident les activités de l'apprentissage; b) pour d'autres, bien que leur situation présente un problème technologique à résoudre, la DCT est assimilée à la méthode de tâtonnement. Dans cette deuxième situation, la DCT est structurée surtout par le processus d'essais-erreurs, lequel aboutit ou non à un produit final; c) pour la dernière tendance, la DCT est plutôt une démarche pratique, dont le noyau central renvoie à la présence d'un problème de type casse-tête. En d'autres mots, la DCT est réduite non seulement à la présentation d'un problème, mais aussi à la présentation de sa solution unique comme l'image d'un casse-tête. L'élève n'a qu'à suivre la démarche fournie par l'enseignant (l'expert) pour construire la solution attendue par un fort guidage d'action.

Quant aux justifications, les motifs mis de l'avant pour avoir recours à ces modalités révèlent principalement une centration sur les finalités d'ordre psychopédagogique et d'ordre sociologique. Pour le premier ordre, les justifications sont teintées par le souci de mettre en valeur et de rehausser la motivation de l'élève afin de s'engager dans son apprentissage. Pour le deuxième, d'ordre sociologique, les justifications sont motivées par un souci d'accessibilité pour tous à la connaissance et la formation du bon citoyen. Quant aux finalités d'ordre épistémologique, quatre sujets seulement ont évoqué le potentiel de la DCT par rapport à la compréhension du sens des savoirs scientifiques et technologiques, au transfert et à la proposition de solutions pratiques aux problèmes technologiques.

Même si la recherche bibliographique montre que plusieurs études ont porté sur l'enseignement de la DCT sous différentes orientations, notre étude soulève un problème fondamental au regard de l'enseignement de ce processus, à savoir la

dimension épistémologique. Notre recherche met en évidence le fait que très peu d'enseignants prennent en compte ce fondement. En effet, lorsqu'on considère les caractéristiques et les définitions de la DCT d'une part, et les justifications dégagées des pratiques déclarées d'autre part, on constate que les dimensions opératoire, psychologique et sociale de la DCT sont les plus dominantes.

Bien que ces trois dimensions soient mises de l'avant par la majorité des enseignants répondants, nous pouvons constater que l'articulation entre la DCT et la situation d'enseignement-apprentissage n'est pas toujours considérée. En effet, dix situations proposées par des répondants n'ont pas mis en évidence un problème à résoudre. Ce même constat est également ressorti dans les définitions que donnent les enseignants à la DCT où seulement dix répondants considèrent ce processus comme une démarche d'investigation commençant par un problème.

Si on considère la notion de l'apprentissage expérientiel qui fonde l'enseignement de la DCT, nous retenons que le passage de l'intérêt pratique à l'intérêt théorique est un point crucial en éducation technologique. Notons que l'apprentissage expérientiel dans le sens de Kolb (1984), influencé par Dewey (1947), suppose d'une part, que le savoir tire son origine des expériences vécues; d'autre part, il se valide dans de nouvelles expériences vécues. Or, cet intérêt ne peut être impulsé que par des situations d'apprentissage stimulantes pour l'élève. En partant de ces situations, l'enseignant entreprend de créer un passage vers l'intérêt théorique que véhiculent les apprentissages visés. Les résultats de notre enquête montrent que même les situations présentant un problème à résoudre sont inadéquates, car tous les problèmes proposés sont de type «bien défini» (dans le sens de Franske, 2009). Ces problèmes se caractérisent par un état initial bien connu et un objectif bien défini. Ils sont les plus familiers et les plus faciles à résoudre pour les élèves. Pour ce faire, ils exigent l'application de quelques concepts, des règles et des principes scientifiques et technologiques. Donc, ce genre de problème ne permet pas à l'élève d'élaborer un vécu intime et multidimensionnel (cognitif, affectif et opératoire). Rappelons que pour la dimension cognitive, l'apprenant doit s'impliquer affectivement dans l'expérience nouvelle et exploratoire (Chevrier et Charbonneau, 2000). «S'il agit, c'est pour découvrir. S'il planifie son action, c'est pour voir *ce que ça va avoir l'air*, pour voir *ce*

que ça va donner» (Chevrier et Charbonneau, 2000, p. 293). Par ailleurs, selon Dewey (1967), pour que l'enfant se rende compte qu'il a affaire à un problème réel, il faut qu'une difficulté lui apparaisse comme sa difficulté à lui, comme un obstacle né dans, et au cours de, son expérience et qu'il s'agit de surmonter s'il veut atteindre son but personnel (dans Bousadra, 2014). C'est donc dire que, comme le soulignent Chevrier et Charbonneau (2000), face à un problème l'incitant à la réflexion, l'apprenant prend conscience que ses connaissances sont dysfonctionnelles, non adaptées, voire inutiles. En résistant, le réel incite l'apprenant à changer, à se changer, donc à apprendre. Évidemment, ce type de problème ne peut pas être fourni par les problèmes de type «bien défini» et habituel. Il faut recourir aux problèmes authentiques, aussi appelés problèmes «mal structurés». Ces derniers sont contextualisés et leur solution exige, dans la plupart des cas, l'intégration des connaissances de plusieurs domaines.

En outre, les situations présentant un problème ont des visées différentes. La première visée est l'application des savoirs scientifiques acquis dans les cours antérieurs de sciences. Dans cette vision, la DCT apparaît comme un contexte soit pour appliquer, soit pour donner une crédibilité aux savoirs scientifiques. Ainsi, comme le montre Gardner (1999), dans cette logique, toute la technologie est réduite à l'application des théories scientifiques. La deuxième visée est l'application des savoirs technologiques acquis pendant des cours antérieurs. Cette logique stipule qu'un certain nombre de connaissances déclaratives est cependant nécessaire avant même que l'on puisse envisager d'acquérir des aspects relevant de la créativité (proposer de nouvelles pistes de solution). Ainsi, un mur est construit entre la construction des connaissances et la DCT, car dans cette perspective, les connaissances théoriques sont construites par un agent extérieur. La troisième visée est l'acquisition de nouvelles connaissances technologiques. Comme le soulignent plusieurs chercheurs, lorsqu'une telle démarche est prise en charge par l'élève, elle ne consiste pas seulement à lui permettre de résoudre le problème de conception proposé, l'élève doit d'abord être amené à construire le problème, c'est-à-dire problématiser, avant de proposer et de mettre en œuvre des manières appropriées pour le résoudre. Toutefois, dans la manière avec laquelle les répondants discutent l'articulation entre la situation d'apprentissage et la construction des savoirs, nous avons constaté que les savoirs visés sont soit des savoir-faire, soit de

type déclaratif. Or, en matière d'apprentissage, les notions technologiques élémentaires (procédurales et déclaratives) peuvent être vues soit comme un processus d'acquisition d'un savoir factuel transmis par un expert à un novice, soit comme construites par l'apprenant seul.

Pourtant, comme le rappelle Bousadra (2014) en reprenant les résultats de plusieurs auteurs, une mise en œuvre de la DCT réussie ne peut être vérifiée que si la dimension épistémologique est prise en compte. Ainsi, on peut noter l'importance accordée à la fois à l'analyse conceptuelle des savoirs visés et à la construction du sens dans l'apprentissage.

En termes de compétences disciplinaires, les résultats de cette étude montrent que très peu de répondants ont évoqué pendant l'entrevue une relation entre la DCT et le développement des compétences disciplinaires. En effet, deux sujets seulement ont évoqué la première compétence disciplinaire (CD1) et deux autres la CD1 et la CD2.

Pour ce qui est des points communs entre la DCT et la DIS, l'analyse fait ressortir le fait que la plupart des répondants attribuent aux deux démarches des points communs d'ordre opératoire (la manipulation, les outils, les matériaux, etc.) et l'utilisation des connaissances scientifiques et technologiques disponibles.

En termes de différences, la plupart des répondants les distinguent par leurs finalités, leurs pratiques, le nombre de solutions, le produit final, l'itération et l'évaluation.

Au regard des finalités, elles sont articulées sur la compréhension des phénomènes naturels pour la DIS, alors qu'elles sont orientées sur la compréhension du besoin et sur la proposition de solutions utiles pour la DCT. Il s'agit ici d'une distinction épistémologique entre les deux processus.

Quant aux pratiques, elles sont structurées sur la modélisation et l'expérimentation au laboratoire ou sur le terrain pour la DIS, tandis qu'elles sont axées sur la conception et la fabrication d'un modèle d'objet pour la DCT.

En ce qui concerne le nombre de solutions, certains sujets attribuent une seule solution à la DIS et plusieurs à la DCT. Cette distinction renvoie à la compréhension de

la complexité des deux démarches ainsi qu'à la proposition des solutions pratiques aux problèmes posés. Il s'agit donc d'une distinction d'ordre épistémologique.

En termes de produit final, les résultats de l'enquête montrent que les sujets privilégient le rapport de laboratoire ou un article scientifique à la DIS, tandis qu'un produit respectant le cahier des charges et répondant au besoin est demandé à la DCT.

Pour ce qui est de l'itération et l'évaluation des apprentissages, certains répondants indiquent que la DIS est moins itérative et qu'ils évaluent les apprentissages à la fin de l'investigation, alors que la DCT est itérative et l'évaluation des apprentissages se fait tout au long du processus.

Au regard des compétences transversales dans ce processus, l'analyse des pratiques déclarées montre que la grande majorité des sujets (15 sur 19) visent le développement de ces dernières aux dépens des compétences disciplinaires et de l'acquisition des savoirs. Cela montre un problème de compréhension du sens des compétences transversales. En effet, le PFEQ ne propose pas de développer ces dernières comme objet d'apprentissage, mais elles vont se développer à travers l'apprentissage des savoirs conceptuels et des savoir-faire. Cela touche directement l'interprétation du discours officiel qui risque de masquer la place de l'élaboration conceptuelle et de l'efficacité qui sont centrales dans les finalités d'apprentissages de la DCT.

En ce qui concerne l'intégration des connaissances en provenance des sciences et celles en provenance des technologies, la majorité des sujets estiment qu'ils intègrent les deux contenus, mais rarement. La principale justification mise de l'avant pour la non, et le peu d'intégration est la formation inadéquate des enseignants pour enseigner la technologie, comme le souligne le CSE (2013).

Un autre résultat non négligeable de l'étude est celui de l'examen de fin d'année du MELS. En fait, la quasi-totalité des sujets qui enseignent en 4^e secondaire a évoqué ce problème. Les sujets soulignent que cet examen ministériel obligatoire à la diplomation détermine la forme et le fond de l'enseignement, non seulement de l'univers technologique, mais aussi d'autres univers. Les sujets soulèvent que le contenu de cet examen accorde une majorité de questions aux apprentissages de ces deux

univers technologique et matériel relativement aux autres univers, Terre et Espace et de l'univers du vivant. Ainsi, comme le confirment plusieurs sujets, leurs efforts et temps sont consacrés aux contenus des deux univers auxquels le MELS accorde une place très importante.

En résumé, les résultats de cette recherche montrent que l'enseignement d'un des contenus centraux prescrits au programme de science et technologie au Québec, la DCT, pose des défis importants aux enseignants de cette nouvelle discipline. Bien que les enseignants fassent des efforts et accordent une importance à ce processus dans leur enseignement, les modalités de mise en œuvre en classe et la compréhension qu'ils retiennent ne rejoignent pas la place que ce dernier doit occuper au sein de l'ET pour refléter les pratiques dans la vie réelle hors de l'école. Comme nous l'avons discuté ci-dessus, même les modalités présentant un problème «bien défini» posent encore des défis aux enseignants. Ils ont des avantages et des inconvénients au regard de l'apprentissage. Pour la modalité inscrite dans la logique de la démarche d'investigation, son avantage est d'ordre méthodologique. Elle implique l'élève dans la prise en charge de l'exploration, la planification, la fabrication et l'évaluation de la solution. Sa faiblesse consiste en la nature des apprentissages que les répondants visent par son enseignement. Comme le montre notre étude, plusieurs ont pour but l'application soit des savoirs scientifiques, soit des savoirs technologiques vus antérieurement. Pour la modalité inscrite dans la perspective du tâtonnement, comme processus, bien qu'elle vise la construction de nouvelles connaissances, elle présente une faiblesse méthodologique, car son succès est basé sur le hasard. Cette logique n'apprend pas à l'élève ni comment planifier son action, ni comment changer d'attitude et prendre du recul par rapport au problème à l'étude pour mieux observer et pour réfléchir sur les actions à poser.

D'une manière générale, cette analyse met en relief la problématique des pratiques sociales de références développée par Martinand (1981) qui amène à relancer quelques interrogations qui constituent l'arrière-plan de l'état de l'enseignement de l'ET en général et celui de la DCT en particulier:

- Quels sont les contenus essentiels pour les programmes de l'ET au secondaire?

Dans ce questionnement, il est important de prendre en considération l'origine sociale des pratiques, la place des concepts et des méthodologies différentes d'un domaine d'activité à l'autre, sans ignorer les diverses contraintes de la mise en œuvre des processus technologiques à l'école. Les pratiques sociales de références doivent apporter un certain sens à l'élève.

- Quelles finalités pour l'éducation technologique en générale et pour la DCT en particulier? Pour la plupart des programmes scolaires, c'est la culture technologique. Cela peut relancer des discussions non seulement sur les démarches d'investigation technologique dans le cadre de la familiarisation pratique commune avec des objets, des procédés, des tâches, des rôles à l'école et dans la vie réelle; mais aussi sur l'élaboration conceptuelle et le développement des compétences (Martinand, 1995).
- Quelles approches pédagogiques doit-on utiliser pour répondre aux finalités visées? La recherche scientifique montre que les méthodes transmissives ont fait leur temps. Le fait d'imposer aux élèves une démarche unique pour fabriquer des objets identiques pour tous place l'apprentissage de la DCT dans un déterminisme technologique en négligeant non seulement les différences entre les apprenants, mais aussi la culture d'une société. Il est temps de se pencher sérieusement sur les approches critiques et socioconstructivistes. C'est en recourant à ces dernières que les enseignants peuvent faire le rapprochement entre les apprentissages visés et des situations authentiques (problème «mal défini»), qui permettent à l'élève de s'engager dans son développement conceptuel à un degré plus élevé.
- Enfin, il est important d'explorer également les rapports entre la science et la technologie. Dans ce questionnement, les démarches propres à chacune doivent être développées; de même pour leurs concepts, pratiques, applications, ressources et finalités propres. Les interactions entre ces deux domaines sont aussi à considérer. Cela permet de relancer les discussions sur le point de vue de l'ET et de mettre en évidence ses difficultés afin de maintenir sa singularité dans le cadre de l'intégration de ces deux disciplines (Hamon et Lebeaume, 2015).

Les résultats de cette étude montrent que, dans la plupart des cas, la DCT est enseignée avant tout comme visée en soi (application des étapes de la DCT) ou comme procédure de fabrication d'objets techniques, et moins comme processus de construction de connaissances ou de développement de compétences disciplinaires.

Les défis que permet de dégager cette étude sont à mettre en relation avec la question de la formation tant initiale que continue des enseignants. Il est important de rappeler à cet effet que la presque totalité des enseignants de science et technologie au Québec qui prennent en charge l'enseignement de la DCT au secondaire avait une formation de base dans des disciplines scientifiques (Hasni, Bousadra et Lefebvre, 2015), tout comme l'ET dans le contexte québécois ne bénéficie ni d'une longue histoire ni d'une grande expérience didactique. Or, la réussite de la mise en œuvre de la DCT passe, comme le rappelle Bousadra (2014), par la prise de conscience par l'enseignant des fondements et de la logique de formation. De même, comme le soulignent Gattie et Wicklein (2007) dans le contexte américain, la formation des enseignants qui prennent en charge l'enseignement de la DCT est nécessaire afin de les outiller pour enseigner la conception technologique. Ces enseignants ont besoin d'acquérir des connaissances fondamentales de la DCT. Ces défis sont également à mettre en relation avec les contenus prescrits dans le programme, l'ambiguïté des instructions curriculaires et du discours officiel, ainsi qu'avec les ressources didactiques disponibles pour les enseignants de cette discipline.

En termes de contenus de la formation initiale ou du développement professionnel des enseignants, il est primordial, comme le soulignent Barlex (1999) et Banks (2008), de centrer les contenus de la formation sur les trois formes suivantes de connaissances interreliées: les contenus, les démarches et les stratégies propres à la discipline, les connaissances didactiques et pédagogiques, et les connaissances sur le contexte scolaire et sa relation avec l'extérieur de l'école (la vie réelle).

Limites de l'étude et recommandations

Cette étude permet de dégager la compréhension qu'ont les enseignants de la DCT en lien avec le contenu du programme, des stratégies d'évaluation ainsi que les défis auxquels ils font face pendant sa mise en œuvre.

Le contexte de cette étude porte sur les pratiques d'enseignement déclarées en science et technologie au secondaire dans le cadre de la mise en œuvre de la DCT. Notre échantillon de convenance très limité ne nous permettait pas de choisir des enseignants d'un cycle d'enseignement en particulier. Pour cette raison, nous avons accepté les sujets des deux cycles confondus. De même, notre échantillon réparti sur cinq commissions scolaires seulement ne permet pas de généraliser les résultats de l'étude à l'échelle de la province. Donc, d'autres recherches s'imposent si nous voulons approfondir et généraliser les résultats.

En ce qui concerne la méthode d'analyse, l'une des limites intrinsèques à la nature de la recherche qualitative est que nous n'avons pas recouru ni à l'analyse fréquentielle, ni à la confirmation ou à l'infirmité des hypothèses.

Une autre limite de cette étude réside dans la mesure de la transférabilité de ces résultats à d'autres contextes, laquelle reste inconnue. Dans une recherche descriptive telle que la nôtre, la détermination de la transférabilité est habituellement laissée aux utilisateurs potentiels des résultats de la recherche (Marton et Booth, 1997). Cependant, les futures recherches sur cet objet pourraient inclure une réplique de cette étude dans divers contextes pour déterminer le degré de transfert des résultats.

Par conséquent, les recommandations suivantes sont suggérées pour la recherche et pour les parties prenantes.

Pour la recherche afin d'élargir davantage les connaissances du domaine de l'ET:

- mener des recherches descriptives similaires en utilisant un grand nombre de participants de plusieurs commissions scolaires,
- mener des recherches descriptives en recourant à l'analyse comparative des programmes de l'ET d'autres provinces ou d'autres pays. Une étude comparative pourrait fournir des informations précieuses sur les résultats et les compétences acquises par ces projets d'apprentissage spécifiques et à propos des lacunes du programme d'études,
- réaliser des études de cas qualitatives auprès des enseignants de science et technologie au secondaire qui ont mis en œuvre une DCT axée sur le programme

d'ET afin d'identifier les stratégies nécessaires pour l'acquisition des concepts prescrits,

- conduire des recherches descriptives en utilisant les paramètres scolaires urbains, périphériques et ruraux comme une variable de regroupement pour déterminer s'il existe une différence statistique du point de vue des défis auxquels sont confrontés les enseignants qui prennent en charge la DCT au secondaire,
- mener des recherches ultérieurement qui portent sur les pratiques effectives et/ou sur les réalisations des élèves afin d'élargir la compréhension et la mise en œuvre de la DCT.

Pour les parties prenantes afin de donner l'égalité des chances à l'apprentissage de tous les contenus du programme et à tous les élèves:

- de revoir la répartition des questions dans l'examen de fin d'année du MELs de la 4^e secondaire entre les quatre univers du Programme de science et technologie,

pour le développement professionnel, nous recommandons de développer un programme de perfectionnement ou de formation continue bien adapté aux besoins des enseignants afin de les équiper des outils nécessaires pour comprendre d'abord et d'enseigner et d'évaluer ensuite la démarche de conception technologique. Les contenus de ces formations ne doivent pas se réduire aux actions techniques et instrumentales seulement, elles doivent aussi tenir compte des trois formes de connaissances interreliées suivantes: *subject content knowledge* (contenus disciplinaires), *pedagogical knowledge* (contenus enseignables, didactiques et pédagogiques), et *subject school knowledge* (différences entre le contexte scolaire et l'extérieur de l'école).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Alexander, P.-A. et Judy, J.-E. (1988). The interaction of domain specific and strategic knowledge in academic performance. *Review of Educational Research*, 58(4), 375-404.
- 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*. Nantes: Université de Nantes.
- Anderson, J.R. (1987) : Skill Acquisition: Compilation of Weak-Method Problem Solutions. *Psychological Review*, 94(2), 192-210.
- Arthur, W.B. (2009). *The Nature of Technology*. London, England: Allen Lane.
- Astakhov V.P. (1998). *Metal Cutting Mechanics*. CRC Press.
- Astolfi, J.-P. (2002). *La didactique des sciences*. Paris: Presses universitaires de France.
- Astolfi, J.-P, Darot, E., Ginsburger-Vogel, Y. et Toussaint, J. (2008). *Mots-clés de la didactique des sciences: Repères, définitions, bibliographies (2^e éd)*. Bruxelles: De Boeck
- Astolfi, J.-P. (2006). *L'école pour apprendre*. ESF Issy-les-Moulineaux (8^e édition). (1^{re} éd. 1992).
- Asunda, P.A. et Hill, R.B. (2007). Critical features of engineering design in technology education. *Journal of Industrial Teacher Education*, 44(1), 25-48.
- Atman, C., Yasuhara, K., Adams, R., Barker, T., Turns, J. et Rhone, E. (2008). Breadth in problem scoping: A comparison of freshman and senior engineering students. *International*.
- Bachelard, G. (1967). *La formation de l'esprit scientifique: Contribution à une psychanalyse de la connaissance (5^e édition)*. Paris: Vrin (1^{re} éd. 1934).
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. New York: W. H. Freeman
- Banks, J.A. (2008). Learning in DEPTH: developing a graphical tool for professional thinking for technology teachers. *International Journal of Technology and Design Education*, 18(3), 221-229.
- Bardin, L. (2007). *L'analyse de contenu*. Paris: Presses universitaires de France.
- Barlex, D. (1999). *Young foresight*. London: Young Foresight.
- Barlex, D. (2011). Dear Minister, This is why design and technology is very important subject in the school curriculum. *Design and Technology Education: an International Journal*, 16(3), 8-9
- Barma, S. (2008). Vers une lecture systémique du contexte, des enjeux et des contraintes du renouvellement des pratiques en éducation aux sciences au secondaire au

- Québec. *Revue canadienne des jeunes chercheurs en éducation/Canadian Journal for New Scholars in Education*. 1(1).
- Beane, J.A. (1997). *Curriculum integration. Designing the core of democratic education*. New York, NY: Teachers College Press.
- Beijaar, D., Verloop, N. et Vermunt, J. (2000). Teachers' perceptions of Professional Identity: an exploratory study from a personal knowledge perspective. *Journal of Teacher and Teacher Education*, 16(7), 749-764.
- Bijker, W.E. (1993). Do Not Despair: There Is Life after Constructivism. *Science, Technology and Human Values*, 18(1), 113-138.
- Billett, S. (1996). Towards a model of workplace learning: The learning curriculum. *Continuing Education*, 18 (1), 43-58.
- Blessing, L.T.M. (1995). Comparison of design models proposed in prescriptive literature. *Proc. COST A3 and A4 Workshops: The Role of Design in the Shaping of Technology*, p. 187–212.
- Bloor, D.(1991). *Knowledge and Social Imagery*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Blyth, J.W. (1967). *Whitehead's Theory of Knowledge*. New York: Brown University Studies.
- Bouras, A. (2006). *Épistémologie, langage et pratiques d'enseignement technologique en ISTE*. Thèse de doctorat en cotutelle. Université de Toulouse Le Mirail et Université de Tunis.
- Bourdieu, P. (1980). *Le sens pratique*. Paris: Éditions de Minuit.
- Bourdieu, P. (1994). *Raisons pratiques. Sur la théorie de l'action*. Paris: Le Seuil.
- Bousadra, F. (2014). *L'enseignement par projets en sciences et technologies: étude des pratiques d'enseignement chez des enseignants du secondaire au Québec*. Thèse de doctorat, Université de Sherbrooke.
- Bousadra, F. et Hasni, A. (2008). *L'approche par projets dans l'enseignement des sciences et technologies: quoi, pourquoi et comment?*. Communication au Congrès de l'Association mondiale des sciences de l'éducation (AMSE), Marrakech, 2-6 juin.
- Bressoux, P. (2001). Réflexions sur l'effet-maître et l'étude des pratiques enseignantes. *Les dossiers des sciences de l'éducation*, 5, 35-52.
- Bronckart, J.-P. (2001). S'entendre pour agir et agir pour s'entendre. In J.-M. Baudouin et J. Friedrich (Ed.), *Théories de l'action et éducation*, Bruxelles: De Boeck, (p. 133-154).
- Bybee, R.W. (2011). Scientific and Engineering Practices. In K–12 Classrooms Understanding A Framework for K -12 Science Education. *NSTA's Journal*.
- Cartonnet, Y. (2000). *L'actualisation de la technologie structurale pour la formation de la technicité d'un concepteur de produits industriels – Recherches pour les*

- formations technologiques supérieures*. Mémoire en vue de l'obtention du diplôme d'habilitation à diriger des recherches, École Normale supérieure de Cachan.
- Centre pour la recherche et l'innovation dans l'enseignement. (2008). Évaluer l'apprentissage L'évaluation formative. Conférence internationale OCDE/CERI « Apprendre au XXI^e siècle : recherche, innovation et politiques ». Téléaccessible à http://www.education.gouv.fr/archives/2012/refondonslecole/wp-content/uploads/2012/07/rapport_ocde_ceri_evaluer_l_apprentissage_l_evaluation_formative_2008.pdf
- Chevrier, J. et Charbonneau, B. (2000). Le savoir-apprendre expérientiel dans le contexte du modèle de David Kolb. *Revue des sciences de l'éducation*, 26(2), 287-323.
- Conseil supérieur de l'éducation (2003). *L'appropriation locale de la réforme: un défi à la mesure de l'école secondaire*. Québec: Gouvernement du Québec.
- Conte, A.E. et Weber, R.E. (1999). Is technology the 'best hope' for teaching students about mathematics and science? *The Technology Teacher*, 59(1), 19-23
- Cross, N. (1994). *Engineering Design Methods*. Chichester: Wiley.
- Dakers, J.R. (2006). Towards a philosophy for technology education. In J. Dakers (dir.), *Defining technological literacy: Toward an epistemological framework* (p. 146-158). New York: Palgrave Macmillan.
- Dakers, J.R. (2016). *Speculative Multidimensional Time-Line Thinking: a wobbly pedagogy to assist in the process of becoming technologically literate*. In Actes PATT2016 - Technology Education for 21st Century skills, Utrecht, Pays-Bas..
- Dakers, J.-R. et Dow, W. (2009). *Comprendre et proposer une approche pour le développement de l'éducation technologique*. Glasgow: University of Glasgow.
- Daugherty, M.K. (2005). A changing role for technology teacher education. *Journal of Industrial Technology Education*, 42(1), 41-58.
- Daugherty, J.L. (2008). *Engineering-oriented professional development for secondary level teachers: A multiple case study analysis*. Thèse de Doctorat, University de l'Illinois, Urbana-Champaign.
- Daugherty, J.L. (2012). *Infusing Engineering Concepts: Teaching Engineering Design*. National Center for Engineering and Technology Education. Document téléaccessible à l'adresse <www.ncete.org>. Consulté le 15 octobre 2014.
- Deleuze, G. (2003). *Cinema 2: The Time Image*. Minneapolis: University of Minnesota Press.
- Deleuze, G. (2006). *Foucault*. New York: Continuum.
- De Vecchi, G. et Carmona-Magnaldi, N. (1996). *Faire construire des savoirs*. Paris: Hachett
- De Vries, M.J. (2005). *Teaching about technology: An introduction to the philosophy of technology for non-philosophers*. Dordrecht, The Netherlands: Springer.
- Dewey, J. (1910). *How we think*. Boston: Heath.

- Dewey, J. (1947). *Expérience et éducation*. Paris: Bourrelrier (1^{re} éd. 1938).
- Durand, M. (1996). *L'enseignement en milieu scolaire*. Paris: Presses universitaires de France.
- Eide, A.R., Jenison, R.D., Marshaw, L.H. et Northrup, L. (2001). *Engineering fundamentals and problem solving*. Boston: McGraw-Hill (4^e éd.).
- Edward, J.-G. (2002). Samson's hair: denuding the technology curriculum? *The Journal of Technology Studies*, 28(1), 8-13.
- Engstrom, D.E. (2000). Identifying the essential and desirable components of technology education activities. *Dissertation Abstracts International*, (UNI No. 9964687).
- Evbuomwan, N.F.O., Sivaloganathan, S. et Jebb, A. (1996). A survey of design philosophies, models, methods and systems. *Journal of Engineering Manufacture* 210(B4), 301-320.
- Fourez, G. (1994). *Alphabétisation scientifique et technique. Essai sur les finalités de l'enseignement des sciences*. Bruxelles: De Boeck. Fortin, M.F. (2010). *Fondements et étapes du processus de recherche*. Montréal: Chenelière Éducation (2e éd.).
- Fourez, G. (2002). La construction des sciences: Les logiques des inventions scientifiques. Bruxelles: De Boeck (4e éd.).
- Frank, M. (2005). A systems approach for developing technological literacy. *Journal of Technology Education*. 17(1), 19-34.
- Frank, M., Lavy, I. et Elata, D. (2003). Implementing the project-based learning approach in an academic engineering course. *International Journal of Technology and Design Education* 13, 273–288. Franske, B.J. (2009). *Engineering Problem Finding in High School students*. Thèse de doctorat, University of Minnesota.
- Friedman, T.A. (2005). *The World is Flat*. New York: Farrar, Straus et Giroux.
- Frith (2016). *Fundamentals of Speech, SPC1608-Spring 2016*. Téléaccessible à l'adresse <<http://faculty.scf.edu/frithl/SPC1608update/handouts/Dewey.htm>>. Consulté en décembre 2015.
- Gardner, P. (1999). The representation of science–technology relationships in Canadian physics textbooks. *International Journal of science and Education*, 21(3), 329–347
- Gattie, D.K. et Wicklein, R.C. (2007). Curricular value and instructional needs for infusing engineering design into K-12 technology education. *Journal of Technology Education*, 19(1), 6-18.
- Géminard, L. (1992). *L'unification du système français (1963-1985)*. Paris: INRP.
- Ginestié, J. (1999). La démarche de projet industriel et l'enseignement de la technologie. *Éducation technologique*, 4, 4-13.
- Ginestié, J. (2002). The Industrial Project Method in French Industry and in French Schools. *International Journal of Technology and Design Education*, 12(2) 99-122.

- Ginestié J. (2003). Quelle place pour une éducation technologique pour tous? Le complexe culturel à l'égard de la chose technique. *In Actes du colloque international La culture technique, un enjeu d'éducation*, Paris.
- Giordan, A. et De Vecchi, G. (1987). *Les origines du savoir*. Neuchâtel: Delachaux.
- Glaser, R. (1984). Education and Thinking: The Role of Knowledge. *American Psychologist* 39(2), 93–104.
- Glaser, R. (1992). Expert Knowledge and Processes of Thinking, *In* D. F. Halpern (ed.), *Enhancing Thinking Skills in the Sciences and Mathematics*, Erlbaum, Hillsdale, NJ, 63–75.
- Godin, J. (2012). *High School Science Teachers and Their Views on the Problem-Based Learning Approach: Barriers to Implementation*. Mémoire de maîtrise, Université McGill.
- Golby, M. (1989). Curriculum Traditions. *In* Moon, B., Murphy, P. and Raynor, J. (eds) *Policies for the Curriculum*. London: Hodder et Stoughton.
- Good, T.L. et Brophy, J.E. (2008). *Looking in classrooms*. Boston: Pearson Education (10^e éd.).
- Goodson, I. (1987). *School Subjects and Curriculum Change: Studies in Curriculum History*. London: Falmer.
- Gott, S. (1989). Apprenticeship instruction for real world tasks: the coordination of procedures, mental models and strategies. *Review of Research in Education*, 1(15): 97-169.
- Gouvernement du Québec (1993). *Éducation technologique – Technologie de la construction mécanique*. Ministère de l'Éducation du Québec Québec.
- Gouvernement du Québec, (1994). *Préparer les jeunes au 21^e siècle, rapport du Groupe de travail sur les profils de formation au primaire et au secondaire*. Ministère de l'Éducation du Québec. Québec.
- Gouvernement du Québec, (1996). *Les États généraux sur l'éducation 1995-1996. Exposé de la situation*. Ministère de l'Éducation du Québec. Québec.
- Gouvernement du Québec. (1997a). *Réaffirmer l'école, Prendre le virage du succès*. Ministère d'éducation.
- Gouvernement du Québec (1997b). *L'école, tout un programme. Énoncé de politique éducative*. Ministère de l'Éducation du Québec Québec: Gouvernement du Québec.
- Gouvernement du Québec (1997c). *La formation à l'enseignement – les orientations et les compétences professionnelles*. Ministère l'éducation.
- Gouvernement du Québec (2004). *Programme de formation de l'école québécoise Enseignement secondaire, premier cycle*. Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport.

- Gouvernement du Québec (2006). *Programme de science et technologie de 2^e année de 2^e cycle. Science et technologie de l'environnement*. Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport.
- Greeno, J.G. et Simon, H.A. (1988). Problem solving and reasoning. In R.-C. Aitkinson, R. J. Hormiston, G. Findeyez and R.-D. Yulle (Eds). *Steven's handbook of experimental psychology and education, Vol 2*. New York: Wiley.
- Guerra, L., Allen, D.-T., Crawford, R.-H. et Farmer, C. (2012). A Unique Approach to Characterizing the Engineering Design Process. *American Society for Engineering Education*.
- Hamon, C. et Lebeaume, J. (2013). De la technologie industrielle aux sciences de l'ingénieur en France de 1945 à 2013: contribution à l'étude du processus de disciplinarisation. *Éducation et Didactique*, 7(2), 47-68.
- Hamon, C. et Lebeaume, J. (2015). L'avènement des sciences de l'ingénieur dans l'enseignement secondaire en France: du baccalauréat technique (1946) au baccalauréat STI2D (2011). In, J. Lebeaume et A. Hasni (dir.), *Éducation technologique et sciences de l'ingénieur – Regards sur les curricula et les pratiques* (p. 43-56). Lille: Presses universitaires du Septentrion.
- Hansen, K.H. (1997). Science and Technology as Social Relations Towards a Philosophy of Technology for Liberal Education. *International Journal of Technology and Design Education*, 7(1), 49-63.
- Hasni, A. (2001). *Les représentations sociales d'une discipline scolaire – L'activité scientifique – Et de sa place au sein des autres disciplines formant le curriculum chez des instituteurs marocains*. Thèse de doctorat, Université de Sherbrooke, Canada.
- Hasni, A. (2005). La culture scientifique et technologique à l'école: de quelle culture s'agit-il et quelles conditions mettre en place pour la développer. In D. Simard et M. Mellouki (dir.), *L'enseignement profession intellectuelle* (p. 105-134). Québec: Presses de l'Université Laval.
- Hasni, A. (2011). Les savoirs scientifiques et technologiques et l'approche par compétences à l'école: Regard sur les documents officiels, les programmes et les pratiques d'enseignement. In *Les contenus disciplinaires*, Actes du deuxième colloque international de l'Association pour des Recherches Comparatistes en Didactiques. [Cédérom]. Villeneuve d'Ascq: Université de Lille.
- Hasni, A. Bousadra, F. et Lefebvre, D. (2015). L'enseignement et l'apprentissage du schéma de principe au premier cycle du secondaire général: analyse de pratiques de classe, In J. Lebeaume et A. Hasni (dir.), *Éducation technologique et sciences de l'ingénieur – Regards sur les curricula et les pratiques* (p. 79-98). Lille: Presses universitaires du Septentrion.
- Hasni, A., Lenoir, Y. et Froelich, A. (2015). Mandated Interdisciplinarity in Secondary School: The Case of Science, Technology, and Mathematics Teachers in Quebec. *Issues in Interdisciplinarity Studies*, 33, 144-180.

- Hasni, A., Lenoir, Y., Larose, F. et Squalli, H. (2007). *Cadre conceptuel et méthodologie pour l'analyse des pratiques d'enseignement en sciences et technologies au CREAS*. Centre CREAS, Université de Sherbrooke.
- Hasni, A., Lenoir, Y., Larose, F. et Squalli, H. (2012). *Interdisciplinarité et enseignement des sciences, technologie et mathématiques au premier cycle du secondaire: place; modalités de mise en œuvre; contraintes disciplinaires et institutionnelles*. Rapport de recherche, Centre CREAS, Université de Sherbrooke.
- Hasni, A. et Potvin, P. (2015). Student's Interest in Science and Technology and its Relationships with Teaching Methods, Family Context and Self-Efficacy. *International Journal of Environmental and Science Education* 10 (3), 337-366.
- Hasni, A., Roy, P., Franc, S. et Dumais, N. (2011). L'enseignement et l'apprentissage de la diffusion et de l'osmose au secondaire: étude de cas. In A. Hasni, H. Squalli, A. Bronner, et M.-T. Nicolas (dir.), *La classe de sciences, mathématiques et technologies comme objet d'étude: quels problématiques, cadres de références et méthodologies et pour quels résultats?* (p. 4-25). Actes des Troisièmes Rencontres scientifiques universitaires Sherbrooke-Montpellier. CREAS (Université de Sherbrooke) – LIRDEF (Université de Montpellier 2)
- Havice, B. et Simmons, B. (1998). Connecting curriculums, marketing what you manufacture. *The Technology Teacher*, 58(2), 12-16.
- Hill, A. et Smith, H. (1998). Practice meets theory in thenology education: A case of authentic learning in the high school setting. *Journal of Technology Education*, 9(2), 29-45.
- Hora, M. T. et Millar, S. B. (2008). *A final case study of SCALE activities at UW-Madison: The influence of institutional context on a K-20 STEM education change initiative*. WCER Working Paper No. 2008-6: Wisconsin Center for Education Research.
- Hutchinson, P. (2002). Children designing and engineering: Contextual learning units in primary design and technology. *The Journal of Industrial Teacher*, 39(3), 122-145.
- Ihde, D. (1997). The Structure of Technology Knowledge. *International Journal of Technology and Design Education*, 7(1), 73-79.
- International Technology Education Association (ITEA) (2007). Standards for Technological Literacy. Content for the Study of Technology. *International Technology Education Association*, Virginia.
- Jasinski, M. (2007). *Innovate and integrate: Embedding innovative practices*. Téléaccessible sur <http://www.flexiblelearning.net.au> [visité le 08/06/11].
- Johnson, S. (1992). A framework for technology education curricula which emphasizes intellectual processes. *Journal of Technology Education*, 3(2), 26-36.
- Jonassen, D. (1997). Instructional design models for well-structured and ill-structured problem-solving learning outcomes. *Educational Technology Research and Development*, 45(1), 65-94.

- Jonassen, D. (2000). Toward a design theory of problem solving. *Educational Technology Research and Development*, 48(4), 63-85.
- Kelley, T.-R. (2008). *Examination of engineering design in curriculum content and assessment practices of secondary technology education*. Thèse de doctorat, University of Georgia.
- Kelley, T.-R. et Wicklein, R. (2009). Teacher Challenges to Implement Engineering Design in Secondary Technology Education. *Journal of Industrial Teacher Education*, 46(3), 34-50.
- Kennedy, J.-F. (1961). *JFK's Moon Shot Speech to Congress*. Document téléaccessible à l'adresse <<http://www.space.com/11772-president-kennedy-historic-speech-moon-space.html>>.
- Klein, J.T. (1990). *Interdisciplinary. History, theory and practice*. Detroit, MI: Wayne State University Press.
- Koen, B.-V. (2003). *Discussion of the method: Conducting the engineer's approach to problem solving*. New York: Oxford University Press.
- Kolb, D.A. (1984). *Experiential learning*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Kuhn, T. (1983). *La structure des révolutions scientifiques*. Paris: Flammarion.
- Kuhn, T. S. (1970). *The Structure of Scientific Revolutions*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Lacasse, M. et Barma, S. (2012). Intégrer l'éducation technologique à l'éducation scientifique: pertinence pour les élèves et impacts sur les pratiques d'enseignants. *Revue Canadienne de l'Éducation*, 35(2), 155-191
- De Landsheere V. (1992). *L'éducation et la formation*. Paris : P.U.F.
- Lawton, D., Gordon, P., Ing, M., Gibby, B., Pring, R. et Moore, T. (1978). *Theory and Practice of Curriculum Studies*. London: Routledge et Kegan Paul.
- Layton, D. (1995). Constructing and Reconstructing School Technology in England and Wales. *International Journal of Technology and Design Education*. 5, 9-118.
- Lebeaume, J. et Hasni, A. (dir.) (2015). *Éducation technologique et sciences de l'ingénieur. Regards sur les curriculums et les pratiques*. Lille: Presses universitaires du Septentrion.
- Lebeaume, J. (1999). *L'éducation technologique à l'école moyenne en France Problèmes de Didactique curriculaire*. Paris: Édition sociale française.
- Lebeaume, J. (2000). *L'éducation technologique - Histoires et méthodes*. Paris: ESF.
- Lebeaume, J. (2002). L'enseignement régulier de la technologie dans l'hétérogénéité des acteurs et des contextes. *Aster*, 35, 65 – 83.
- Lebeaume, J. (2004). Une intervention didactique décisive – Le choix des objets-produits par les professeurs de technologie en collège. *Recherche et Formation*, 46, 23-42
- Lebeaume, J. (2006). La culture technique par l'école: un défi contre nature. *Drôle*

- d'époque*, 18, 49-61.
- Lebeaume, J. (2010). Reconfiguration actuelle de l'éducation technologique et scientifique en France. Des défis pour la recherche en didactique? In A. Hasni et J. Lebeaume, *Enjeux contemporains de l'éducation scientifique et technologique* (p. 51-80). Ottawa: Presses de l'Université d'Ottawa.
- Lebeaume, J. (2011a). L'éducation technologique au collège : un enseignement pour questionner la refondation du curriculum et les réorientations des disciplines. *Education et didactique*, 5(2), 7-22.
- Lebeaume, J. (2011b). Integration of Science, Technology, Engineering and Mathematics: Is this Curricular Revolution really possible in France? *Design and Technology Education: An International Journal*, 16(1), 47-52.
- Lebeaume, J. et Martinand, J.-L. (1998). *Enseigner la technologie au collège*. Paris: Hachette.
- Lefèvre, N. (2006). *L'entretien comme méthode de recherche*. Mémoire de maîtrise, Université Lille 2.
- Lenoir, Y. et Klein, J. (Éds.). (2010). Interdisciplinarity in schools: A comparative view of national perspectives. *Issues in Integrative Studies*, 28, 1-331.
- Lenoir, Y., Maubant, P., Hasni, A., Lebrun, J., Zaid, A., Habboub, M. et McConnel, A.-C. (2007). *À la recherche d'un cadre conceptuel pour analyser les pratiques d'enseignement*. Documents du CRIE et de la CRCIE (nouvelle série) N° 2, Université de Sherbrooke.
- Lenoir, Y. et Vanhulle, S. (2006). Étudier la pratique enseignante dans sa complexité: une exigence pour la recherche et la formation à l'enseignement. In 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. 193-245). Québec: Presses de l'Université du Québec.
- Léon, A. (1980). *Introduction à l'histoire des faits éducatifs*. Paris: Presses universitaires de France.
- Leonard, M. et Derry, S.J. (2011). *What's the science behind it? The interaction of engineering and science goals, knowledge, and practices in a design-based science activity*. WCER Working Paper No. 2011-5. Wisconsin Center for Education Research, University of Wisconsin-Madison. Document téléaccessible à l'adresse <<http://www.wcer.wisc.edu/publications/workingPapers/papers.php#W11>>.
- Lewis, T. (2005). Coming to terms with engineering design as content. *Journal of Technology Education*, 16(2), 37-54.
- Lyle, K.-E. (2009). *Teachers' Perceptions of Their Technology Education Curricula*. Thèse de doctorat, Université d'Immaculata, Immaculata (PA), États-Unis.
- Luna, M.C. (1998). Technology education and its discontents. *Tech Directions*, 57(8), 26-30.

- MacGregor, D. J. (2013). *Exploring Professional Identity : Narrative Constructions of becoming and being a Teacher of Design and Technology Education*. Thèse de doctorat, Griffith University.
- Martinand, J.-L. (1981). Pratiques sociales de référence et compétences techniques. À propos d'un projet d'initiation aux techniques de fabrication mécanique en classe de quatrième. In A. Giordan (coord.), *Diffusion et appropriation du savoir scientifique: enseignement et vulgarisation. Actes des Troisièmes Journées internationales sur l'éducation scientifique*. (p. 149-154) Paris: Université Paris 7.
- Martinand, J.-L. (1994). *La technologie dans l'enseignement général: les enjeux de la conception et de la mise en œuvre*. Paris: UNESCO-IIPE.
- Martinand, J.-L. (1995). Rudiments d'épistémologie appliquée pour une discipline scolaire: la technologie. In M. Develay (dir.), *Savoirs scolaires et didactiques des disciplines* (p. 339-352). Paris: ESF Editeur.
- Martinand, J.-L. (2000). Missions de l'éducation scientifique et technique. *Revue internationale d'éducation de Sèvres*, 25, 9-12.
- 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.
- Marton, F. et Booth, S. (1997). *Learning and awareness*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- McCormick, R. (1997). Conceptual and Procedural Knowledge. *International Journal of Technology and Design Education*, 7(1), 141-159
- McCormick, R. (2004). Issues of Learning and Knowledge in Technology Education. *International Journal of Technology and Design Education*, 14(1), 21-44.
- Mitcham, C. (1994). *Thinking Through Technology The Path Between Engineering and Philosophy*. Chicago: University of Chicago Press.
- Morge, L. (2000). Former les enseignants à interagir avec les élèves en classe de science. *Recherche et formation*, 34, 101-112
- NASA (2013). NASA's BEST Students – An Educator's Guide to the Engineering Design Process, Grades 6-8. Document téléaccessible à l'adresse <<http://www.nasa.gov>>.
- Newell, A. et Simon, H.-A. (1972). *Human problem solving*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Not, L. (1979). *Les pédagogies de la connaissance*. Toulouse: Privat.
- Orange, (2007). Problèmes, savoirs et problématisations: l'exemple des activités scientifiques. In M. Durand et M. Fabre, *Les situations de formation entre savoirs, problèmes et activités* (p.191-210). Paris: L'Harmattan.
- Özgür, S. (2004). *Analyse didactique du contenu portant sur la digestion humaine du nouveau manuel de sciences expérimentales de sixième au collège*. Direction d'Éducation nationale, Turquie.

- Pascal, B. (1864). *De l'esprit géométrique: De l'art de persuader; De l'autorité en matière de philosophie*. Paris: Hachette.
- Perkins, D.N. et Salomon, G. (1992). *Transfert of Learning*. International Encyclopedia of Education, Oxford: Pergamon Press.
- Petroski, H. 1996. *Design Paradigms: Case Histories of Errors and Judgment in Engineering*. New York: Cambridge University Press.
- Prime, G.M. (1993). Values in Technology: approaches to learning. *Design and Technology Teaching*, 26(1), 30-36.
- Prosser, C.A. et Allen, C.R. (1925). *Vocational education in a democracy*. New York: Century Company (1^{re} éd. 1925).
- Popper, K. (1984). *L'Univers irrésolu, plaidoyer pour l'indéterminisme*. Paris: Éditions Hermann.
- Quivy, R et Campenhoudt, L.V. (2006). *Manuel de recherche en sciences sociales*. Paris: Dunod. (1^{re} éd. 1988).
- Rak, I. (1992). *La démarche de projet industriel: technologie et pédagogie*. Les Éditions Foucher.
- Ritz, J.M. (2009). A New Generation of Goals for Technology Education. *Journal of Technology Education*, 20(2), 50-65.
- Roman, H.T. (2001). Technology Education – process or content. *The Technology Teacher*, 60(6), 31-33.
- Ropohl, G. (1997). Knowledge Types in Technology. *International Journal of Technology and Design Education*, 7(1), 65-72.
- Ross, A. (2000). *Curriculum: Construction and Critique*. London et New York: Falmer Press.
- Ross, D.T. (1985). Applications and extensions of SADT. *Computer* 18(4), 25–34.
- Royer, J.M. (1979). Theories of the transfer of learning. *Educational Psychologist*, 14, 53-69.
- Ryle, G. (1949). *The concept of mind*. London: Hutchinson University Library.
- Sadji (2008). Les élèves et la technologie au collège – Point de vue curriculaire. Thèse de doctorat, École normale supérieure de Cachan.
- Sauvageot, M. (1994). Les trames conceptuelles, outil de formation en didactique de la biologie. *Didaskalia*, 5, 91-104.
- Savage, E. et Sterry, L. (1990). A conceptual framework for technology education. *The Technology Teacher*, 50(1), 6-11.
- Scandura, J.-M. (1982). Structural (cognitive tasks) analysis: A method for analysing content. Part 1: background and empirical research. *Journal of Structural Learning*, 8, 101-114.
- Schoenfeld, A.-H. (1985). *Mathematical Problem Solving*. Orlando: Academic Press.

- Schwab, J.-J. (1964). The structure of the disciplines: Meaning and significance. In G. W. Ford et L. Pugno (Eds.), *The structure of knowledge and the curriculum* (p. 6–30). Chicago: Rand McNally.
- Seeman, E.D. (2003). Basic principles in holistic technology education. *Journal of Technology Education*, 14(2), 28-39.
- Sheppard, S., Colby, A., Macatangay, K. et Sullivan, W. (2004). What is engineering practice? Stanford, CA: The Carnegie Foundation for the Advancement of Teaching.
- Shulman, L. S. (1986). Knowledge and teaching: foundation of the new reform. *Harvard Education Review*, 57(1), 1 – 22.
- Staples, R. (2003). Shaping the Profession's Image. In, G. Martin et M. Middleton (éds), *Initiatives in Technology Education: Comparative Perspectives*, Proceedings of the American-Australian Technology Education Forum, Australia.
- Starkweather, K.N. (1997). Are we thinking to achieve? *The Technology Teacher*, 57(2), 5-6.
- Stevenson, J.-C. (1991). Cognitive structures for the teaching of adaptability in vocational education. In G. Evans (Ed). *Learning and teaching cognitive skills*. (p. 144-163). Victoria, Australia: ACER.
- Stevenson, J.C. (1994) Vocational Expertise, In J. C. Stevenson (Ed.) *Cognition at Work: the development of vocational expertise*. Adelaide: National Centre for Vocational Education Research. Stylbeck, 1976
- Tate, D., Chandler, J., Fontenot, A.-D. et Talkmitt, S. (2010). Matching pedagogical intent with engineering design process models for precollege education. *Artificial Intelligence for Engineering Design, Analysis and Manufacturing*, 24(3), 379–395.
- Tiberghien, A. et Malkoun, L. (2007). Différenciation des pratiques d'enseignement et acquisitions des élèves du point de vue du savoir. *Éducation et didactique*, 1(1), 29-54.
- Thomson, C. J. (1997). Concept Mapping as a Means of Evaluating Primary School Technology Programmes. *International Journal of Technology and Design Education* 7, 97-110
- Toolin, R.E. (2004). Striking a balance between innovation and standards: a study of teachers implementing project-based approaches to teaching science. *Journal of Science Education and Technology*, 13(2), 179-187
- Torp, L., et Sage, S. (2002). *From Problems as Possibilities: Problem-Based Learning for K-16 Education*. Alexandria, VA: Association of Supervision and Curriculum Development. Van Barneveld, E. (2011). *Innovative Problem-oriented Pedagogies in Engineering Education: Conceptualizations and Management of Tensions*. Thèse de doctorat, Université de Purdue.
- Van Der Maren, J.-M. (1996). *Méthodes de recherche pour l'éducation* (2^e Éd.). Bruxelles: De Boeck Université.

- Vessel, K. N. (2011). *Examination of Engineering Design Teacher Self-Efficacy and Knowledge Base in secondary Technology Education and Engineering-Related Courses*. Thèse de doctorat, Southern University and A & M College.
- Vilatte, J.-C. (2007). *Méthodologie de l'enquête par questionnaire*. Formation-Évaluation, Université d'Avignon.
- Wonacott, M.E. (2003). *History and Evolution. A compilation of Vocational and Career-Technical Education*. Ohio: Center on Education and Training for Employment.
- Walrath, D.-J. (2008). *Complex Systems in Engineering and Technology Education: A mixed Methods Study Investigating the Role Computer Simulations Serve in Student Learning*. Thèse de doctorat, Université d'état d'Utah.
- Wicklein, R.C. (2005). Critical issues and problems in technology education. *The Technology Teacher*, 64(4), 6-9.
- Wicklein, R.C. (2006). Five good reason for engineering design as the focus for technology education. *The Technology Teacher*, 65(7), 25-29.
- Woods, D.R., Felder, R.M., Rugarcia, A. et Stice, J.E. (2000). The future of engineering education III: Developing critical skills. *Chemical Engineering Education*, 34(2), 108-117.
- Young, A.T., Cole, J.R. et Denton, D. (2002). Improving Technological Literacy: the first step is understanding what is meant by technology. *Issues in Science and Technology*, 18(4). Document téléaccessible à l'adresse <<http://issues.org/18-4/young/>>.
- Zais, R.S. (1976). *Curriculum: principles and foundations*. New York: Thomas Y. Cromwell Company, Inc.
- Zeiler, W., Savanovic, P. et Quanjel, E. (2007). Design Decision support for the Conceptual Phase of the Design Process. *Actes du colloque de International Association of Societies of Design Research, The Hong Kong Polytechnic University, 12 au 15*. Hong Kong.
- Zuga, K. (1989). Relating technology education goals to curriculum planning. *Journal of Technology Education*, 1(1), 1-8.
- Zuga, K. F. (1992). Social reconstruction curriculum and technology education. *Journal of Technology Education*, 3 (2), 53-63.

Annexe A
Les objectifs d'éducation technologique (Ritz, 2009, p. 59)

Selection of essential goals for technological literacy programs

Goal Statement	“Must Have”
Describe social, ethical, and environmental impacts associated with the use of technology.	93.3%
Become educated consumers of technology for personal, professional, and societal use.	86.7%
Apply design principles that solve engineering and technological problems.	86.7%
Use technological systems and devices.	86.7%
Use technology to solve problems.	86.7%
Describe relationships between technology and other areas of knowledge.	73.3%
Develop abilities to live in a technological world.	66.7%
Develop an appreciation for the role technology plays in the designed world.	53.3%
Troubleshoot and repair technological systems and devices.	53.3%
Make informed career choices related to the designed world.	53.3%
Describe the nature of technology.	53.3%
Extend creative abilities using technology.	33.3%

Annexe B

Le guide d'entrevue

Bonjour,

D'abord, je m'appelle Brahim El Fadil, je suis étudiant au doctorat. Ma recherche porte sur la description de l'enseignement de la technologie en général et, surtout, de la démarche de conception technologique telle qu'elle est enseignée au secondaire au Québec.

J'aimerais vous remercier d'avoir accepté de participer à cette entrevue qui va nous permettre de mieux comprendre votre point de vue sur l'enseignement de la démarche de conception technologique. L'entrevue sera d'une durée de 30 à 45 minutes.

Vous avez reçu préalablement une lettre d'information qui décrit le projet. Avant de commencer l'entrevue, avez-vous des questions sur ce projet ou sur votre participation?

J'aimerais aussi rappeler que l'entrevue sera enregistrée afin de ne pas perdre d'informations. Avant de commencer, j'aimerais rappeler que nous souhaitons connaître votre point de vue et votre façon d'enseigner.

J'aimerais aussi souligner que mon rôle est de vous poser les questions et de vous écouter. De manière à avoir votre point de vue, je ne commenterai aucune de vos réponses. Mais, je pourrais de temps en temps vous poser des questions de relance de manière à mieux comprendre votre point de vue sur l'enseignement technologique et sur la démarche de conception technologique.

Si vous êtes prêt, je vais démarrer maintenant l'enregistrement.

Acceptez-vous de confirmer, sur cet enregistrement audio, que vous consentez à participer à l'entrevue?

Les questions que je vais vous poser sont regroupées en trois sections:

- A. Des questions sur vos pratiques de la démarche de conception technologique.
- B. Des questions sur votre compréhension de la technologie et la démarche de conception technologique.
- C. Des questions générales sur votre formation et sur votre expérience en enseignement.

Je vais commencer par des questions qui portent sur vos pratiques.

SECTION A – PRATIQUE DE LA DÉMARCHE DE CONCEPTION TECHNOLOGIQUE

Pour les questions de cette section, je vais vous inviter à répondre en vous appuyant sur deux séquences d'apprentissages (SAE) qui illustrent le mieux votre pratique d'enseignement de la technologie en général et de la démarche de conception technologique en particulier.

Questions principales et secondaires	Réponses attendues	Relances
<p>1. Pour commencer, pouvez-vous nous donner les titres de deux de vos SAE récentes qui illustrent le mieux votre façon d'aborder l'enseignement de la démarche de conception technologique dans vos pratiques?</p> <p>Nous appellerons par la suite, la 1^{re} situation de SAE 1 et la 2^e de SAE 2 et les 6 questions suivantes porteront sur ces SAE.</p>	<p>SAE 1:</p> <p>SAE 2:</p>	<p>Vous pouvez donner les titres de deux activités dans lesquelles vous avez abordé la démarche de conception.</p>
<p>1.1 Considérons en premier lieu la SAE 1, pouvez-vous nous détailler d'abord son déroulement global ou ses étapes; ensuite, nous préciser, pour chaque étape, quelles étaient vos principales tâches? Celles des élèves? Et celles de la technicienne ou du technicien?</p>	<p>Problème, besoin, question, SAE</p> <p>Tâches de l'enseignant</p> <p>Tâches de l'élève</p> <p>Tâches du technicien</p> <p>Approche: linéaire ou cyclique</p>	<p>Quelles étaient vos principales tâches dans chacune des étapes du déroulement de la démarche?</p> <p>Celles des élèves?</p> <p>Qu'est ce que les élèves ont fait exactement à l'étape 1, 2...?</p> <p>En quoi ces tâches leur ont-elles été utiles pour apprendre la DCT?</p> <p>Quelles étaient les tâches du technicien ou de la technicienne?</p>

		<p>Quels types de retour avez-vous fait avec les élèves sur chacune des étapes, s'il y a lieu?</p> <p>Pourquoi?</p>
<p>1.2 Quels étaient les objectifs ou les apprentissages ciblés par la SAE 1 que vous venez de décrire?</p> <p>En d'autres termes, que souhaitiez-vous que les élèves apprennent lors de cette SAE?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Processus de conception - Résolution de problème - Utilisation d'outils - Analyse de données disponibles - Gestion (temps, ressources matérielles...) - Concepts scientifiques - Étapes de la démarche - Fabrication 	<p>Quelles connaissances ou quels apprentissages les élèves ont-ils développés pendant cette SAE?</p>
<p>1.3 Avez-vous prévu une évaluation des apprentissages ciblés par la SAE 1? Si oui, pouvez-vous nous décrire sur quoi et comment elle a été mise en œuvre?</p> <p>Autrement dit, avez-vous intégré une évaluation formative ou sommative? Et comment?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Respect du cahier des charges - Portfolio - Produit final - Organisation - Techniques - Attitudes - Communication - Examen écrit 	<p>Avez-vous intégré:</p> <ul style="list-style-type: none"> -un examen? -une évaluation du portfolio? -tester le produit final? -une présentation orale? -autre?
<p>1.4 Pendant l'enseignement de la SAE 1, quels étaient, s'il y a lieu, les défis ou difficultés rencontrés par vos élèves?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Motivation - Connaissances préalables - Faiblesse mathématique - Imagination - Manque de pratique - Culture familiale 	<p>Pourquoi telle contrainte (difficulté énoncée par l'interviewé) constitue-t-elle un défi pour les élèves? Pour vous comme enseignant? Et pour la technicienne?</p>
<p>1.5 Et, s'il y a lieu, quels étaient les défis ou les difficultés que vous avez rencontrés vous en tant qu'enseignant?</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Formation de base - Problème de maîtrise des processus - Problème de temps dans la tâche - Disponibilité du 	

	technicien	
1.6 Et le technicien , s'il y a lieu?	- Manque de temps - Équipement partagé - Connaissance de nouvelles machines	
2. En deuxième lieu: répétez les mêmes questions pour la 2^e SAE: de 6.1 à 6.4.		

SECTION B: OBJECTIFS ET FINALITÉS DE L'ENSEIGNEMENT DE LA TECHNOLOGIE

Maintenant, nous sommes rendus à la section B portant sur la compréhension de la démarche de conception.

Questions principales et secondaires	Réponses attendues	Relances
<p>3. En vous basant sur les deux SAE que vous venez de décrire et sur votre expérience d'enseignement en général comment définiriez-vous la démarche de conception technologique?</p> <p>En d'autres termes, si vous aviez à expliquer à un collègue ce qu'est «la démarche de conception technologique», quelles seraient les principales caractéristiques que vous utiliseriez pour lui définir cette démarche?</p>		<p>Ces moments essentiels?</p> <p>Ces étapes fondamentales?</p> <p>Ces caractéristiques fondamentales?</p> <p>Autres?</p>
<p>4. Le programme prône la démarche d'investigation scientifique pour les sciences et la démarche de conception technologique pour la technologie.</p> <p>Pouvez-vous nous illustrer, en s'appuyant sur des exemples, quels sont les différences et les points communs entre ces deux démarches?</p>		<p>Quelles sont leurs caractéristiques communes?</p> <p>Quelles sont leurs différences?</p>
<p>5. Selon vous, que devraient être les principaux objectifs (finalités) de</p>		

<p>l'enseignement de la démarche de conception au secondaire (DCT)?</p> <p>En d'autres termes, pouvez-vous citer jusqu'à cinq raisons pour lesquelles il vous semble important ou nécessaire d'enseigner la DCT au secondaire?</p>		
<p>6. Selon vous, que devraient être les principales finalités de l'enseignement technologique (UT) au secondaire?</p> <p>En d'autres termes, pouvez-vous citer jusqu'à cinq raisons pour lesquelles il vous semble important ou nécessaire d'enseigner la technologie au secondaire.</p>		<p>Exemple: Considérez-vous que l'enseignement technologique est nécessaire et utile pour tous les élèves? Pourquoi?</p>
<p>7. Selon vous, le choix du ministère d'intégrer les sciences et les technologies dans le même programme est un bon choix ou non? Pourquoi?</p> <p>OU</p> <p>Selon vous, pourquoi est-il important ou pas important d'intégrer l'enseignement des sciences et des technologies dans une même discipline?</p>		<p>Parvenez-vous à intégrer souvent les contenus en provenance des sciences avec ceux de la technologie? En quoi c'est utile? En quoi c'est difficile? Les contenus mathématiques? Artistiques? Pourquoi (pour la réponse)?</p>
<p>8. Considérons qu'il y a quatre univers dans le programme de science et technologie au secondaire, selon vous, est-ce que la place réservée dans le programme à l'Univers technologique vous semble adéquate? Pourquoi?</p>		<p>Mérite-t-il plus d'un quart de temps du programme? Pourquoi?</p> <p>Mérite-t-il moins d'un quart de temps du programme? Pourquoi?</p>
<p>9. Habituellement, est-ce que le temps que vous consacrez à l'enseignement de l'Univers technologique vous semble refléter la place que cet univers occupe dans le programme? Pourquoi?</p>		<p>Vous lui consacrez un peu plus/ou un peu moins de temps que l'Univers matériel? Que l'Univers des vivants? Que l'Univers Terre et Espace? Explicitez s.v.p.</p>
<p>10. Pendant votre enseignement de</p>		<p>Pouvez-vous estimer le</p>

l'Univers technologique, quel est, environ, le pourcentage des séquences ou des SAE dans lesquelles vous abordez la démarche de conception technologique?		pourcentage de temps réservé à la DCT par rapport au temps alloué à l'UT? Ou Le % de séquences dans lesquelles vous faites appel à la DCT?
<p>11. Accepteriez-vous de nous fournir une copie des traces des élèves, ainsi que de la planification des deux (ou de l'une) des SAE que vous venez de décrire si vous les avez préparées par écrit? (Papier, fichier...).</p>		

SECTION C – INFORMATIONS GÉNÉRALES

Pour terminer l'entrevue, je souhaite vous poser quelques brèves questions sur votre formation et sur votre expérience en enseignement.

12. Genre du répondant

Homme

Femme

13. Avez-vous **suivi une formation postsecondaire en technologie** (technique au cégep, génie, etc.)?

Oui

Non

Si **oui**, précisez quel type de formation

14. Si c'est le cas, quel est votre **baccalauréat disciplinaire** obtenu?

.....

15. Lors de votre formation universitaire à l'enseignement, si c'est le cas, avez-vous suivi un cours traitant de **l'enseignement de la technologie** (didactique ou autres)?

Oui

Non

Ne s'applique pas

16. Avez-vous suivi une formation de **perfectionnement en technologie** (conception, techniques, ingénierie, etc.) ou **en enseignement de la technologie depuis l'implantation de la réforme?**

Oui

Non

Si oui, préciser la nature de la formation s.v.p.:

.....

17. Combien d'**années d'expérience** avez-vous dans **l'enseignement de science et/ou technologie?**: ans?

*(Pour uniformiser la compréhension: une expérience d'enseignement d'une matière scientifique **ou** technologique avant la réforme est considérée comme une expérience en science et technologie).*

18. Quel(s) **niveau(x) d'enseignement** est (sont) **couvert(s)** par votre tâche dans l'école cette année?

1 ^e cycle		2 ^e cycle		
<input type="checkbox"/>	1 ^e année	<input type="checkbox"/>	3 ^e	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>	2 ^e année	<input type="checkbox"/>	4 ^e année	<input type="checkbox"/>
			5 ^e année	

L'entrevue est terminée. Merci de votre collaboration.

Annexe C

La description des situations discutées avec les répondants

Sujet	Description
S1	<p>SA1: Conception d'un détecteur de niveau d'eau <u>Déroulement:</u> L'enseignant commence par l'explication des connaissances théoriques. Ensuite, il fait une mise en situation. Les élèves doivent cerner le problème et faire un brainstorming. Ensuite, compléter le document fourni et reformuler le problème. Pour le technicien, il se charge de préparer le matériel.</p> <p>En deuxième lieu, les élèves font des recherches et sélectionnent une solution qu'ils schématisent ensuite. Puis, ils présentent et discutent leurs résultats devant la classe.</p> <p>Enfin, ils passent à la fabrication, puis font des tests. L'itération est permise. L'enseignant fait un retour sur les apprentissages et sur les différentes composantes de l'objet.</p>
S2	<p>SA1: Jeu mini opération <u>Déroulement:</u> L'enseignant fait une mise en situation. Il fournit le document et rappelle les étapes de la démarche. Les élèves font leurs schémas.</p> <p>En deuxième lieu, le technicien prépare le matériel et les élèves commencent à fabriquer, testent et itèrent.</p>
S3	<p>SA2: Application des écouteurs <u>Déroulement:</u> L'enseignant fournit le document explicatif. Les élèves suivent une gamme de fabrication fournie et les étapes décrites. Ils font leurs schémas électriques. Le technicien prépare le matériel et assure le soutien technique.</p> <p>En deuxième lieu, les élèves fabriquent, puis analysent leur conception.</p> <p>Enfin, ils testent et itèrent pour améliorer. L'enseignant évalue la conception.</p> <p>SA: Conception d'un véhicule écologique <u>Déroulement:</u> L'enseignant fait une mise en situation et distribue le document de l'activité (CdC). L'élève effectue une recherche pour explorer les solutions possibles au problème. Puis, il fait une analyse et sélectionne une solution. Il fait ses schémas qu'il présente à ses pairs. Le technicien prépare le matériel. L'enseignant évalue les solutions proposées.</p> <p>En deuxième lieu, l'élève fait sa planification en respectant les contraintes du CdC. Ensuite, il fait ses schémas et commence à manipuler les machines-outils pour fabriquer sa solution. Le technicien assure la formation aux machines-outils et la sécurité. L'enseignant supervise le projet.</p> <p>Enfin, les élèves testent et font une petite compétition. L'enseignant</p>

évalue le document remis et le produit final.

SA: Conception d'un pont ouvrant

- S4 Déroulement: L'enseignant fait une mise en situation. Il fait un aperçu historique sur les ponts. Ensuite, il fournit le document explicatif (CdC). L'élève cerne le problème, identifie le matériel en lien avec le CdC, fait une recherche pour explorer les différentes solutions possibles et choisit une solution. Le technicien prépare le matériel. En deuxième lieu, l'élève fait ses schémas, modélise sa solution et passe à la fabrication. L'enseignant joue le rôle de modérateur dans le respect du CdC. Enfin, l'élève teste, itère et améliore son produit. L'enseignant évalue le produit.

SA: Conception d'une petite automobile (École particulière)

- S5 Déroulement: L'enseignant a besoin d'une note pour le bulletin. Il fait explorer Internet aux élèves. Il n'a pas fourni de document, ni cahier des charges. Il guide le travail par des questions. Le technicien prépare le matériel. Les élèves suivent des étapes indiquées oralement, explorent Internet et choisissent une solution. Le technicien prépare le matériel. En deuxième lieu, les élèves font des croquis, schématisent et décomposent en éléments simples. Ensuite, ils commencent à manipuler les outils. L'enseignant guide ses élèves en proposant des solutions. Les élèves passent à la fabrication.

SA1: L'hydroglisseur

- S6 Déroulement: L'enseignant planifie, enseigne les concepts reliés à la conception et fournit le document détaillé et complet. Il lit les consignes avec les élèves. Les élèves suivent les étapes et schémas fournis et tracent des pièces. En deuxième lieu, le technicien fournit le matériel et ajuste les schémas selon le matériel disponible. L'enseignant guide les élèves et supervise la fabrication. Les élèves manipulent des outils et fabriquent la solution préétablie. Enfin, les élèves font une compétition et l'enseignant évalue le produit.

SA2: Bras articulé

Déroulement: L'enseignant distribue le document détaillé. Il fait un rappel des concepts prérequis. En deuxième lieu, les élèves suivent les étapes décrites, dessinent, manipulent des outils et fabriquent. Le technicien prépare le matériel. Enfin, l'enseignant évalue le produit final.

SA: Conception d'un véhicule électrique

Déroulement: L'enseignant présente et explique la situation. Ensuite, il fournit tous les schémas de conceptions. Le technicien prépare le matériel. L'élève reproduit les mesures sur les matériaux choisis (bois

- S7 ou plexiglas). Ensuite, il suit les étapes décrites.
 En deuxième lieu, l'élève coupe ses pièces et fait l'assemblage. Ensuite, il apporte le matériel en option (klaxon, décoration, etc.). Le technicien aide l'élève dans la construction du châssis. Enfin, l'élève fait ses tests et itère sur la décoration, mais pas sur le châssis (contrainte matérielle).
SA: Jeu de billes
Déroulement: L'enseignant présente la SA et son cahier des charges. Il fournit les schémas partiels des pièces et une gamme de fabrication partielle. Le technicien assure les règles de sécurité, prépare une gamme de fabrication en photos et fournit le matériel. L'élève suit la gamme partielle fournie et fabrique l'objet.
- S8 En deuxième lieu, l'élève doit constater le problème: **objet ne fonctionne pas**. Ensuite, il mène une discussion en équipe, analyse le problème et propose des solutions. Il choisit ensuite une solution faisable, la schématise et fait une gamme de fabrication spécifique. En outre, il passe à la fabrication. Le technicien supervise les outils et la sécurité. L'enseignant supervise le déroulement.
 Enfin, les élèves testent, itèrent et documentent les solutions suggérées. L'enseignant et le technicien évaluent le produit final. L'enseignant seul évalue le document à remettre.
SA: Conception d'une maquette d'un bassin versant
Déroulement: L'enseignant choisit un problème lié aux concepts prescrits. Il fournit le document explicatif (CdC) aux élèves et leur demande de faire une recherche sur les facteurs qui peuvent influencer le problème. L'élève fait la recherche et construit le produit à la maison. Il n'y a pas de plans, ni schémas demandés⁴⁹. C'est la méthode essais erreurs qui est mise en œuvre. Le technicien n'a pas contribué à la conception.
- S9 **SA1: Conception d'une boîte à crayons**
Déroulement: L'enseignant fait une mise en situation et fournit quelques contraintes d'usage. Les élèves choisissent librement les contraintes de fabrication. Aucun document, ni fourni, ni à ramasser. Le technicien fournit le matériel et une gamme de fabrication en photos.
 En deuxième lieu, les élèves analysent le besoin et proposent une gamme de fabrication en s'inspirant de la gamme préparée par le technicien. Ensuite, ils fabriquent l'objet. L'enseignant supervise le projet. Le technicien n'est pas présent dans cette étape.
 Enfin, les élèves fabriquent, testent, puis itèrent pour améliorer.
- S10

⁴⁹ Citation: «Non, ils sont directement allés construire. Je n'ai pas demandé un plan. C'est-à-dire j'aurais pu demander un plan: décris-moi ce que tu vas faire pour qu'un autre groupe puisse le faire, puisse le réaliser. Comprends-tu? Mais je ne l'ai pas fait. Si j'avais deux groupes, je l'aurais fait».

SA2: Machines simples

Déroulement: L'enseignant fait une mise en situation (construction des pyramides). Il prépare le matériel et lance un défi. L'élève utilise le matériel fourni, fait des essais erreurs pour résoudre le problème. Il manipule des outils et fabrique sa machine. Le technicien n'a pas contribué à ce projet.

En deuxième lieu, les élèves testent et itèrent.

SA: Incroyable machine (réactions en chaîne)

S11 Déroulement: l'enseignant présente le document (CdC). Ensuite, il enseigne la théorie. Les élèves font des croquis et des schémas de la machine. Le technicien prépare le matériel.

En deuxième lieu, les élèves font des essais erreurs, itèrent et améliorent leur solution. L'enseignant approuve les schémas.

Enfin, les élèves rédigent sur le document et communiquent leurs résultats en classe.

SA: Conception d'une lampe de poche

S12 Déroulement: L'enseignant explique le CdC. Il fournit les schémas et explique les étapes à suivre. Le technicien montre comment utiliser les outils. Les élèves calculent la valeur de la résistance de la lampe (partie théorique explicitée dans le doc). Le technicien prépare le matériel.

En deuxième lieu, l'élève manipule les outils, suit la gamme de fabrication fournie, fabrique et itère partiellement. **Le technicien contrôle absolument le projet**⁵⁰.

SA1: Manège

S13 Déroulement: l'enseignant fait une mise en situation et distribue le document contenant les informations sur l'objet à construire. L'élève fait une recherche sur Internet pour comprendre l'agencement possible des machines simples, choisit une solution et fait ses schémas. Le technicien prépare le matériel.

En deuxième temps, l'élève fabrique et itère pour améliorer.

SA2: Conception d'un plafonnier

Déroulement: L'enseignant fait une mise en situation et explique le problème. Les élèves appliquent la méthode essais erreurs à l'aide d'un logiciel (simulation des circuits électriques), puis impriment leur circuit. Le technicien prépare le matériel.

En deuxième lieu, l'élève fait des techniques de soudure pour assembler les composants du plafonnier. Il itère pour améliorer la qualité de la soudure. L'enseignant supervise et évalue le produit fini.

⁵⁰ Citation: «Oui, c'est lui [le technicien] qui a monté et testé le projet, qui l'a fabriqué, c'est lui l'a enseigné à nous, les enseignantes. Comment le réaliser aussi. Comment l'expliquer aux élèves et comment utiliser les différents outils. C'est lui qui a pris les photos pour faire une gamme de fabrication vraiment, vraiment très explicite. Il a testé aussi les différents produits afin de trouver ceux qui étaient les plus efficaces. Oui, il a vraiment une grande part là-dedans».

SA: Bras articulé

S14 Déroulement: L'enseignant fait une révision des prérequis. Ensuite, il fournit et discute les schémas. Il *regarde* le cahier des charges avec les élèves. Il explique les mesures des pièces et la lecture des côtes. Il suit le cahier d'activité ADN⁵¹. L'élève suit avec l'enseignant dans le document.

En deuxième lieu, l'élève suit la gamme de fabrication fournie⁵², manipule des outils et fabrique l'objet. L'enseignant guide sur les techniques. Le technicien assiste les élèves dans l'utilisation des machines-outils.

SA: Conception d'un bateau

S15 Déroulement: L'enseignant fait une mise en situation et fournit le document explicatif (CdC). L'élève complète le cahier des charges, fait une recherche sur Internet et planifie ses étapes à suivre. Il fait ensuite ses schémas et complète la gamme de fabrication. Le technicien prépare le matériel.

En deuxième lieu, l'élève utilise un logiciel, suit son plan et manipule les outils pour construire l'objet. Le technicien assiste les élèves dans la manipulation d'outils, dans la résolution du problème et dans la fabrication.

Enfin, l'élève fait des tests, itère et améliore. Puis, il documente sa solution. L'enseignant fait un retour sur les apprentissages et la résolution du problème.

SA1: Conception d'un moteur à induction

Déroulement: L'enseignant explique les concepts et fait une mise en situation. L'élève cerne le problème en s'appropriant les concepts scientifiques reliés au problème. Ensuite, il caractérise le prototype en regardant les schémas fournis et en identifiant les composantes de l'objet. Sa tâche est d'apporter une amélioration à l'objet déjà conçu. Le technicien prépare le matériel.

En deuxième lieu, il élabore un plan d'action, c'est-à-dire, fait des dessins techniques (une vue exigée). Ensuite, il identifie trois étapes à suivre, pour qu'il puisse aller à l'atelier. L'enseignant supervise le projet.

En troisième lieu, l'élève concrétise son plan d'action; c'est-à-dire, manipule des outils, fabrique des pièces, les assemble et écrit dans son journal de bord. L'enseignant supervise et guide l'élève dans sa réalisation. Le technicien assiste l'élève sur tout ce qui est technique et outils.

S16 Enfin, l'élève fait des tests, analyse ses résultats, itère, améliore et fait un retour sur les concepts visés. L'enseignant ramasse le document à

⁵¹ ADN est un cahier d'exercices de science et technologie de la 3^e secondaire.

⁵² Citation: «C'est ça. C'est vraiment, ils ont un plan, et ils n'ont qu'à suivre le plan. On ne leur fait pas monter le plan. C'est comme s'ils achetaient un matériau, puis là, ils n'ont qu'à suivre le plan, pour monter leur objet».

corriger.

SA2: Conception d'un conducteur de conductibilité électrique

Déroulement: L'enseignant fait une mise en situation et distribue le document explicatif (CdC) aux élèves. L'élève cerne le problème, caractérise son prototype à partir du CdC, trouve une solution et fait ses schémas. Au début, le technicien n'a pas contribué à cette conception.

En deuxième lieu, l'élève élabore un plan d'action en faisant ses dessins techniques (trois vues exigées), identifie les trois étapes à suivre pour aller à l'atelier, apporte son matériel (projet ouvert). L'enseignant fournit un peu de matériel (diodes, piles, fils de soudures, etc.). Le technicien fournit un peu de matériel recyclé et fabrique un objet modèle (canevas) pour guider les élèves.

En troisième lieu, l'élève concrétise son plan d'action en fabriquant son objet. L'enseignant et le technicien soutiennent techniquement l'élève.

Enfin, l'élève teste et analyse ses résultats et remet le document à l'enseignant.

SA1: Conception d'une voiture électrique

Déroulement: L'enseignant élabore l'activité, ensuite, fournit un plan de travail et tous les schémas⁵³. L'élève suit les étapes décrites et refait ses schémas. Ensuite, il trace les pièces sur les matériaux (bois ou plexiglas). Le technicien prépare le matériel.

En deuxième lieu, l'élève passe à la fabrication. L'enseignant le guide dans son travail.

En troisième lieu, l'élève fait ses tests, itère et améliore sa conception.

Enfin, l'élève fait la compétition et l'enseignant évalue le produit.

17

SA2: Construction d'un pont en bâtonnets de Popsicle

Déroulement: L'enseignant prépare les élèves à une compétition au niveau de la commission scolaire. Il n'y a pas d'apprentissages prescrits au programme à cibler. Il lance un défi, *construire un pont qui peut supporter la plus grande force possible*. Ensuite, il fait un cours sur l'historique des ponts et explique quelques concepts hors programme (répartition des forces dans des structures). L'élève fait une recherche sur Internet, produit ses dessins et schémas nécessaires. Le technicien prépare le matériel.

En deuxième moment, l'élève construit ses pièces en respectant les contraintes matérielles (bâtonnets de Popsicle et la colle), puis assemble ses pièces. Le technicien fournit le matériel et guide l'élève dans ses techniques. Ensuite, il prépare les gabarits pour assembler les morceaux fabriqués. L'enseignant guide les élèves et leur montre les

⁵³ Citation: «Les schémas ont été fournis dans le document. Tous les schémas ont été fournis».

meilleures techniques de construction⁵⁴.

Enfin, l'élève participe à la compétition. L'enseignant évalue le produit final.

SA1: Conception d'un tableau technique

Déroulement: L'enseignant identifie un besoin réel et pose le problème. L'élève fait des recherches sur Internet, analyse le besoin, choisit ses matériaux et fait ses schémas. Le technicien prépare le matériel.

En deuxième lieu, le technicien montre aux élèves comment utiliser des machines-outils et fait des démonstrations. L'élève coupe les morceaux, assemble et fabrique. Ensuite, il identifie les priorités et suit la démarche. L'enseignant accompagne les élèves.

S18 Enfin, les élèves testent, itèrent et améliore.

SA2: Conception d'un lampion électronique

Déroulement: l'enseignant identifie un besoin réel et propose la construction d'un objet. Ensuite, il donne les schémas et la gamme de fabrication (sous la contrainte du temps). Il donne également le cahier des charges complet. L'élève participe à la répartition des tâches. Quelques élèves font des suggestions. Le technicien n'avait pas de rôle dans cette activité.

En deuxième lieu, les élèves répartissent le travail, fabriquent, itèrent et améliorent leur conception. L'enseignant guide et supervise les élèves.

SA1: Conception d'un jouet pour handicapés

Déroulement: L'enseignant distribue le document explicatif et demande aux élèves de faire une recherche sur *ce qu'est un handicap* et sur les jouets pour des personnes handicapées. L'élève fait sa recherche et planifie ses étapes (cycle de conception). Ensuite, il fait ses schémas. Le technicien n'a aucun rôle dans cette activité.

S19 En deuxième lieu, l'élève fabrique son objet. L'enseignant l'accompagne.

Enfin, l'élève fait ses tests, itère et améliore son produit. L'enseignant recueille le document (cycle de conception) et évalue le produit.

SA2: Conception d'un jouet pour enfants de 1 à 5 ans.

Déroulement: l'enseignant distribue le document explicatif complet (contenant des schémas). Ensuite, il explique aux élèves quoi faire. Les élèves cherchent un sujet (enfant) pour tester leur produit. Ils apportent des jouets de la maison pour faire une analyse d'objets. Ensuite, ils font leur planification. Le technicien n'a pas contribué à cette activité. En deuxième lieu, les élèves fabriquent, testent, itèrent et proposent des améliorations. L'enseignant apporte un soutien technique et supervise le projet.

⁵⁴ Citation: «On lui montre la meilleure façon de faire. De toute façon, on doit les guider. La forme ça reste à l'élève de la choisir, mais comment fabriquer une poutre, on lui montre ça».

