

Table des matières

SOMMAIRE	II
LISTE DES TABLEAUX	VIII
LISTE DES FIGURES	IX
REMERCIEMENTS	X
LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES	XI
AVANT-PROPOS	1
INTRODUCTION	2
1. ORIGINE DE LA RECHERCHE	4
1.1. CONTEXTE	4
1.1.1. <i>Changements majeurs dans l'enseignement de niveau secondaire au Québec</i>	4
1.1.2. <i>Cas des sciences et de la technologie à l'école secondaire</i>	5
1.1.3. <i>Cas des sciences et de la technologie à la FGA</i>	5
1.2. DÉMARCHES MENÉES EN VUE DE L'IMPLANTATION DU NOUVEAU PROGRAMME SCIENCE ET TECHNOLOGIE DE LA FORMATION GÉNÉRALE DES ADULTES	7
1.3. DESCRIPTION DU PROBLÈME	9
1.4. IDÉE DE DÉVELOPPEMENT	13
1.5. QUESTION ET OBJECTIFS DE RECHERCHE	14
1.6. PERTINENCE SCIENTIFIQUE ET PROFESSIONNELLE	14
2. RÉFÉRENTIEL	16
2.1. SITUATION D'APPRENTISSAGE.....	16
2.1.1. <i>Distinctions terminologiques et définitions d'une SA</i>	16
2.1.2. <i>Définition d'une SA pour la FGA</i>	18
2.1.3. <i>Caractéristiques souhaitables d'une SA à la FGA</i>	19
2.1.4. <i>Familles de situations d'apprentissage</i>	20
2.2. DÉMARCHES D'INVESTIGATION SCIENTIFIQUE ET TECHNOLOGIQUE	21
2.2.1. <i>Démarche d'investigation sous l'angle de la technologie à la FGA</i>	24
2.3. OBSTACLES ET DIFFICULTÉS POSSIBLES LIÉS À LA SA	28
2.3.1. <i>Obstacles didactiques</i>	29
2.3.2. <i>Difficultés d'enseignement et d'apprentissage en sciences et technologie</i> .	31

3. MÉTHODOLOGIE	37
3.1. APPROCHE DE LA RECHERCHE ET POSTURE DU CHERCHEUR	37
3.2. TYPE DE RECHERCHE.....	39
3.3. PARTICIPANTS.....	43
3.4. MODIFICATIONS À LA MÉTHODOLOGIE AU COURS DE LA RECHERCHE	44
3.5. OUTILS DE COLLECTE DE DONNÉES	47
3.6. TRAITEMENT ET ANALYSE DES DONNÉES	48
3.7. CONSIDÉRATIONS ÉTHIQUES	49
4. OPÉRATIONNALISATION.....	50
4.1. OBJET DE DÉVELOPPEMENT.....	50
4.1.1. <i>Contexte de la conception de la SA</i>	51
4.1.2. <i>Collaborateurs et partenaires</i>	51
4.1.3. <i>Conception et fondements</i>	52
4.1.4. <i>Description</i>	53
4.2. MISES À L'ESSAI.....	55
4.2.1. <i>Mise à l'essai empirique auprès des participants</i>	55
4.2.2. <i>Mise à l'essai systématique avec un adulte</i>	56
4.3. VALIDATION DE L'OBJET DE DÉVELOPPEMENT	56
5. RÉSULTATS.....	57
5.1. OBSTACLES D'ORIGINE ONTOGÉNIQUE.....	58
5.2. OBSTACLES D'ORIGINE DIDACTIQUE	58
5.2.1. <i>Obstacles d'origine didactique en lien avec l'enseignement</i>	59
5.2.2. <i>Obstacles d'origine didactique en lien avec l'apprentissage</i>	67
5.3. OBSTACLES D'ORIGINE ÉPISTÉMOLOGIQUE	71
5.4. OBSTACLES D'ORIGINE PERSONNELLE	74
5.5. SCHÉMAS DES OBSTACLES OU DIFFICULTÉS IDENTIFIÉS ET DES SOLUTIONS PROPOSÉES	76
5.6. AUTRES SOLUTIONS ÉVOQUÉES PAR LES PARTICIPANTS	79
6. DISCUSSION	82
6.1. PRINCIPES ÉMERGEANT DE LA RECHERCHE	82
6.1.1. <i>Modifications majeures à la mise en situation</i>	83
6.1.2. <i>Choix de l'objet technologique</i>	84
6.1.3. <i>Analyse réelle ou virtuelle de l'objet technologique</i>	86
6.1.4. <i>Situation d'apprentissage et démarche d'analyse technologique</i>	88
6.1.5. <i>Enseignement des savoirs scientifiques et technologiques</i>	89

6.1.6. <i>Différenciation pédagogique</i>	91
6.1.7. <i>Impact sur l'organisation scolaire</i>	92
6.1.8. <i>Recommandations issues de l'analyse et de l'interprétation des résultats de la recherche</i>	93
6.2. RETOUR SUR LES OBJECTIFS DE LA RECHERCHE	97
7. CONCLUSION DE LA RECHERCHE DÉVELOPPEMENT	99
7.1. <i>Retour sur les résultats de recherche</i>	99
7.2. <i>Limites</i>	101
7.3. <i>Pistes de réflexion</i>	102
RÉFÉRENCES.....	104
APPENDICE A	112
APPENDICE B.....	115
APPENDICE C	132

Liste des tableaux

Tableau 1. Liens entre les cours de la FGA et les parcours ainsi que les programmes d'études de la FGJ.....	9
Tableau 2. Composantes de la compétence disciplinaire deux.....	22
Tableau 3. Similarité des tâches accomplies dans les démarches d'investigation du programme d'études de la FGA.....	25
Tableau 4. Méthodes scientifiques ou technologiques utilisées pour vérifier l'hypothèse.....	26
Tableau 5. Difficultés d'enseignement et d'apprentissage en sciences et technologie....	35

Liste des figures

Figure 1. Cheminement des élèves en Science et technologie ou Applications technologiques et scientifiques, 2 ^e cycle du secondaire.....	11
Figure 2. Relation entre le contexte, la situation et les tâches dans une SA.....	18
Figure 3. Adaptation du modèle de RD en éducation de Harvey et Loiselle (2009).....	41
Figure 4. Méthodologie prévue en fonction de quatre participants	45
Figure 5. Méthodologie définitive en fonction des sept participants.....	46
Figure 6. Schéma des obstacles ou difficultés identifiés par les participants	77
Figure 7. Schéma des solutions proposées par les participants	78

Remerciements

Tout d'abord, merci la vie d'avoir mis sur mon chemin tant de personnes incroyables et inspirantes. Merci à ma famille, ma conjointe et mes trois garçons pour leur amour et leur appui inconditionnel. Merci à Francine Nault de m'avoir permis de concilier famille, travail et études durant ces cinq années mouvementées. Merci à Charles Tardif et Doris St-Amant pour les différentes opportunités de collaboration riches de sens. Merci aux formateurs-accompagnateurs en sciences et technologie à la FGA d'avoir été un si beau groupe de travail. Merci aux trois commissions scolaires du Centre-du-Québec et à Alexandrie FGA pour leur appui dans le projet de création de SA, ainsi qu'au ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation qui a rendu ce projet possible grâce à une subvention du programme NovaScience. Mille mercis aux participants : sans eux, il n'y aurait pas eu de recherche. Finalement, merci infiniment à mon directeur de recherche Ghislain Samson et à ma codirectrice de recherche Audrey Groleau pour tout, tout, tout!

Liste des abréviations, des sigles et des acronymes

AQIFGA	Association québécoise des intervenantes et des intervenants en formation générale des adultes
CDP	Centre de développement pédagogique pour la formation en science et technologie
CFGA	Centre de formation générale des adultes
CSE	Conseil supérieur de l'éducation
DAT	Démarche d'analyse technologique
DIS	Démarche d'investigation scientifique
FAR	Formateur-accompagnateur régional
FBC	Formation de base commune
FBD	Formation de base diversifiée
FGA	Formation générale des adultes
FGJ	Formation générale des jeunes
MEES	Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur
MEESR	Ministère de l'Éducation, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche
MELS	Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport
PFEQ	Programme de formation de l'école québécoise
RD	Recherche développement
RÉCIT	Réseau axé sur le développement des Compétences des élèves par l'Intégration des Technologies de l'information et de la communication
SA	Situation d'apprentissage

SAÉ	Situation d'apprentissage et d'évaluation
SAO	Situation d'apprentissage ouverte
TIC	Technologie de l'information et de la communication
TTP	Technicien en travaux pratiques
UQTR	Université du Québec à Trois-Rivières

Avant-propos

De 2005 à 2009, pendant mon baccalauréat en enseignement au secondaire, profil science et technologie, j'ai eu la chance de vivre, dans mes stages, le Renouveau pédagogique initié par le gouvernement du Québec au début des années 2000. En mai 2009, quelques jours après la fin de mes études, j'ai obtenu un emploi comme enseignant à la formation générale des adultes (FGA), où j'enseignais le même curriculum que j'avais vécu comme élève lors de mes études secondaires, mais pas celui pour lequel j'avais été formé.

Dès l'année suivante, cet emploi m'a amené à être formateur-accompagnateur régional (FAR) en sciences et technologie pour la région du Centre-du-Québec. Afin de relever ce défi, une formation sur mesure était offerte à tous les FAR. Il s'agissait d'un programme court de deuxième cycle en didactique des sciences et de la technologie, adapté pour la FGA, dans lequel la création de matériel didactique occupait une place importante. Sans m'en rendre compte, j'ai eu la piqûre : j'adore ce défi théorique et pratique de transposer le programme d'études vers du matériel utilisable en classe.

C'est cette passion qui m'a amené, dès la fin de mon programme court, à m'inscrire à la maîtrise en éducation afin de poursuivre mon développement professionnel entourant la création de situations d'apprentissage pour la FGA, car les besoins de matériel didactique du personnel enseignant de la FGA sont importants.

Tout au long de ce mémoire, j'adopterai une posture d'enseignant-chercheur, mais aussi d'accompagnateur d'enseignants en implantation de programme, ce qui teintera la méthodologie utilisée ainsi que le traitement et l'analyse des résultats.

Introduction

Les dernières années furent particulièrement marquées par les nombreux changements dans le milieu de l'éducation au Québec. À la suite des États généraux sur l'éducation (1996) et du rapport du Groupe de travail sur la réforme du curriculum (1997), le système scolaire québécois s'est engagé dans un chantier majeur : le Renouveau pédagogique.

La formation générale des adultes (FGA), un secteur du système éducatif québécois, emboîte le pas à la formation générale des jeunes (FGJ) et rédige ses propres programmes d'études pour la formation de base commune (alphabétisation, présecondaire et premier cycle du secondaire) à partir de 2005, puis pour la formation de base diversifiée (second cycle du secondaire) par la suite. Dans un souci d'uniformité et d'équivalence des diplômes d'études secondaires au Québec, les programmes d'études de la formation de base diversifiée (FBD) sont fortement inspirés de ceux de la FGJ.

Afin de se préparer à l'arrivée de ces nouveaux cours de sciences et technologie, les centres de formation générale des adultes (CFGAs) ont reçu des budgets dédiés à l'aménagement de laboratoires et d'ateliers et à l'achat de matériel didactique. De plus, plusieurs commissions scolaires ont invité leurs enseignants à s'engager dans un processus de formation continue. Le RÉCIT FGA³ a aussi fait sa part en mettant sur pied des communautés de pratique sous forme de visioconférences, afin de réseauter les enseignants et de favoriser une implantation réussie du Renouveau pédagogique. Malgré ces échanges et cet esprit de collaboration, le besoin de matériel didactique adapté à la FGA restait un besoin important des enseignants.

C'est donc dans cet esprit d'innovation et de création que la question de recherche suivante a pris forme : quelles sont les améliorations à apporter à la SA d'analyse technologique

³ Le RÉCIT FGA est un RÉseau de personnes-ressources axé sur le développement des Compétences des élèves par l'Intégration des Technologies de l'information et de la communication (TIC) en classe à la FGA.

développée dans le cadre du nouveau cours La mécanisation du travail au regard des obstacles et difficultés identifiés et des solutions proposées par des enseignants de la FGA? Le but poursuivi est de développer une SA inspirée par la recherche scientifique en éducation et adaptée à la réalité des enseignants de la FGA. Pour ce faire, la méthodologie de recherche développement permet de mener à terme ma recherche et d'offrir aux enseignants concernés un outil d'enseignement les aidant à implanter un nouveau cours du programme d'études Science et technologie de la FGA.

Dans le chapitre intitulé Origine de la recherche (chapitre 1), la problématique, l'idée de développement, la question, les objectifs ainsi que l'intérêt de la recherche sont présentés. Le contexte particulier de l'enseignement des sciences et de la technologie à la FGA l'est également. Le Référentiel (chapitre 2) détaille les concepts sur lesquels reposent la mise à l'essai et le développement de la SA, soit la situation d'apprentissage elle-même, les démarches d'investigation et les obstacles et difficultés possibles. Dans le chapitre intitulé Méthodologie (chapitre 3), l'approche de la recherche, la posture du chercheur, le type de recherche et les outils utilisés pour la collecte et l'analyse des données sont décrits. Les considérations éthiques sont aussi abordées. Ensuite, l'Opérationnalisation (chapitre 4) présente les mises à l'essai de la SA et les détails qui les entourent dans le but d'améliorer le produit en lien avec les expériences vécues par les participants lors de la planification de l'enseignement de la SA (sept participants) ou de sa mise à l'essai systématique en classe (un participant). Par la suite, les Résultats (chapitre 5) exposent les différents résultats obtenus et les solutions associées, alors que le chapitre de Discussion (chapitre 6) propose une deuxième lecture des résultats à la lumière des écrits scientifiques présentés dans le chapitre 2 et des recommandations sur l'utilisation de la SA. La Conclusion (chapitre 7) présente des limites et des pistes de réflexion entourant la recherche. En terminant, bien que l'enchaînement des chapitres respecte l'idée du modèle de recherche développement de Harvey et Loiselle (2009), j'invite le lecteur ou la lectrice à passer d'un chapitre à l'autre lorsqu'il aura besoin de précisions, puisqu'il n'est pas toujours aisé de présenter linéairement un processus de recherche itératif.

1. Origine de la recherche

Dans ce chapitre, j'aborde le problème du manque de matériel didactique en sciences et technologie à la FGA lié à la mise en œuvre d'un nouveau programme d'études. Ce problème amène à une idée de développement de SA. Finalement, j'expose la pertinence scientifique et professionnelle de ma recherche.

1.1. Contexte

Depuis les États généraux sur l'éducation de 1995-1996, de nombreux changements ont été mis en place dans les écoles québécoises (Conseil supérieur de l'éducation, 2014). Un de ces changements concerne spécifiquement les curricula d'études, lesquels ont redéfini les objectifs de formation ainsi que la place faite aux différentes disciplines. Ce nouveau curriculum, en plus des programmes d'études s'y rattachant, ont été élaborés au tournant du siècle et ensuite instaurés dans les écoles québécoises. Pour la FGA, c'est en 2019-2020 que le programme d'études Science et technologie du deuxième cycle du secondaire sera implanté définitivement dans les CFGA partout au Québec.

1.1.1. Changements majeurs dans l'enseignement de niveau secondaire au Québec

Pour tous les enseignants et les intervenants du milieu de l'éducation, des changements majeurs ont eu lieu avec l'arrivée du nouveau curriculum. Le paradigme de l'enseignement a fait place à celui de l'apprentissage, ce qui a demandé des ajustements notables pour les enseignants. De plus, le développement de compétences transversales et disciplinaires a remplacé l'atteinte d'objectifs spécifiques. Ce ne sont là que deux exemples qui illustrent le virage que voulait donner le gouvernement du Québec au milieu de l'éducation. En somme, ce Renouveau pédagogique implique des changements pédagogiques importants liés à une nouvelle façon de considérer l'école (Potvin et Dionne, 2007).

En décembre 2014, quatre ans après la fin de l'implantation obligatoire du Renouveau pédagogique dans les écoles secondaires québécoises, le Conseil supérieur de l'éducation (CSE) a publié un rapport sur l'état et les besoins de l'éducation dans lequel il a révélé que « la formation initiale et continue du personnel enseignant demeure un enjeu compte tenu de la complexité des réformes et des nouvelles compétences exigées. » (CSE, 2014, p. 3) Dans ce même rapport, il est aussi question des enjeux importants liés à l'évaluation des compétences. Ce constat récent confirme l'ampleur des changements demandés dans le milieu de l'éducation et des défis qu'ils soulèvent.

1.1.2. Cas des sciences et de la technologie à l'école secondaire

À la formation générale des jeunes (FGJ), les cours de sciences et technologie sont également repensés et considérés maintenant comme ceux, parmi d'autres, qui comportent les plus grands défis pédagogiques (Potvin et Dionne, 2007), puisque les enseignants abordent des concepts disciplinaires parfois complètement nouveaux dans un contexte pédagogique qui l'est autant. Par exemple, les concepts d'ingénierie mécanique et le travail en atelier sont nouveaux pour beaucoup d'enseignants. Des ressources humaines (techniciens en travaux pratiques) et matérielles (aménagements de laboratoires et d'ateliers) ont été ajoutées afin de supporter l'enseignement de ces nouveaux cours. Malgré cela, le CSE (2013) constate que le nouveau programme d'études du primaire et du premier cycle du secondaire de Science et technologie demeure un défi pour les enseignants.

1.1.3. Cas des sciences et de la technologie à la FGA

Publié pour la première fois en version de travail en 2011, ce n'est qu'en 2015 que la première version du programme d'études Science et technologie⁴ du deuxième cycle du secondaire à la FGA a été publiée (Ministère de l'Éducation, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche [MEESR], 2015). Ce programme comprend tous les cours de la

⁴ L'expression « Science et technologie » est employée ainsi lorsqu'il s'agit du nom du programme d'études ou du parcours de formation. Dans les autres contextes, « sciences et technologie » est utilisée.

troisième et de la quatrième secondaire, alors que d'autres programmes d'études ont été publiés en même temps concernant les cours optionnels de Chimie et de Physique de la cinquième secondaire. Ces programmes du deuxième cycle du secondaire sont une adaptation de ceux de la formation générale des jeunes (FGJ) (Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur [MEES], 2018b), afin d'offrir aux adultes une formation et un diplôme équivalents à ceux des jeunes. Par ailleurs, certains cours de Science et technologie sont également inclus dans le programme de la formation de base commune (FBC), qui comprend les niveaux de l'alphabétisation, du présecondaire et du premier cycle du secondaire à la FGA (Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport [MELS], 2007a). Cependant, ces cours de la FBC sont peu ou pas offerts dans les CFGA.

À l'été 2018, une version révisée du programme d'études de deuxième cycle Science et technologie est publiée par le MEES. Les cinq cours de troisième secondaire, totalisant six crédits, ont été allégés et combinés afin d'offrir deux cours optionnels de quatrième secondaire, totalisant quatre crédits⁵. Cette nouvelle version du programme d'études permet aux adultes d'obtenir des unités optionnelles de la quatrième secondaire pour l'obtention du DES. Elle donne aussi du travail supplémentaire aux enseignants qui se préparent à offrir ou qui offrent déjà les cours de la troisième secondaire qui sont désormais remaniés et offerts en quatrième secondaire.

Ces nouveaux cours du deuxième cycle du secondaire s'offrent dans le contexte particulier de la FGA. Comme le soulignent Voyer, Brodeur, Meilleur et le Sous-comité de la table MELS-Universités de la formation à l'enseignement des adultes (2012), l'enseignement individualisé est l'approche dominante utilisée à la FGA, puisqu'elle tient compte de l'infrastructure pédagogique et des orientations andragogiques. Le cas des sciences physiques⁶ n'y fait pas exception et c'est principalement avec cette approche que les quelques 1 500 enseignants de sciences ou de mathématiques et sciences à la FGA au

⁵ Le tableau 1 à la section 1.3 offre une vue d'ensemble des cours de la troisième et de la quatrième secondaire.

⁶ Le programme d'études de 1996, dans lequel figurent les cours de sciences physiques 436, est toujours en vigueur à la FGA.

Québec enseignant (Fédération des syndicats de l'enseignement (CSQ), 2012; Voyer *et al.*, 2012). Outre l'âge des adultes en formation, cette approche dominante qu'est l'enseignement individualisé est une des principales différences que l'on peut observer entre la FGA et la FGJ, plaçant alors le développement de matériel didactique dans une perspective différente à la FGA.

Finalement, comme dans tous les secteurs d'activités à la FGA, on note une croissance du nombre d'adultes inscrits en formation générale. Entre 1997 et 2010, on observe une augmentation de 64 % des inscriptions (Doray et Bélanger, 2014). En 2010, la majorité d'entre eux ont moins de 25 ans. De plus, une part importante de ces adultes est perçue comme élèves à risque (Doray et Bélanger, 2014; Rousseau, Théberge, Bergevin, Tétreault, Samson, Dumont et Myre-Bisailon, 2010). Ces données dévoilent une partie des enjeux actuels dans les CFGA et justifient également de s'intéresser à ce contexte dans le cadre de cette recherche.

1.2. Démarches menées en vue de l'implantation du nouveau programme Science et technologie de la formation générale des adultes

Dès novembre 2011, une première formation en sciences et technologie a été offerte par le FAR – l'auteur de ce mémoire – aux enseignants de la FGA du Centre-du-Québec, mais aussi par d'autres FAR ailleurs dans la province. Ces premières formations ont permis aux enseignants d'entrer en contact avec les nouveaux cours de Science et technologie. Par la suite, jusqu'en mai 2013, une dizaine de formations d'une journée ont poursuivi le travail amorcé en novembre 2011.

La formation continue alors donnée, des expérimentations en classe avec de l'accompagnement des FAR étaient prévues pour l'année scolaire 2014-2015. Cependant, les nombreux retards dans l'implantation des nouveaux programmes d'études à la FGA et l'absence d'une date butoir ou d'un échéancier de travail clair ont démobilisé les enseignants tout juste formés et les ont incités à se concentrer sur leur enseignement des cours actuels plutôt qu'à expérimenter des cours qui ne seraient pas offerts à court terme

(Association québécoise des intervenantes et intervenants en formation générale des adultes [AQIFGA], 2013; CSE, 2014).

Sans cet accompagnement des enseignants en classe, certains FAR ont tout de même poursuivi leur travail pour une dernière année en 2015-2016 selon trois axes : le soutien aux enseignants pour le développement de matériel didactique, le développement d'une culture de partage et la promotion et le soutien dans la mise en œuvre des cours à caractère technologique. Malgré la fin du projet des FAR, le MEES maintient ses projets d'accompagnement des enseignants, et ce, dans toutes les matières. En sciences et technologie, cet accompagnement a pris (et prend toujours) d'autres formes, dont le développement d'une plateforme d'accompagnement en ligne⁷ et un projet-pilote de mises à l'essai de nouveaux cours en classe.

⁷ Cette plateforme d'accompagnement est accessible en ligne au <http://www.carrefourfga.com/>.

1.3. Description du problème

Divers cheminements sont possibles pour des adultes inscrits en Science et technologie à la FGA. Ils sont présentés dans le tableau 1 (MEES, 2018b). Les deux cours de la troisième

Tableau 1. Liens entre les cours de la FGA et les parcours ainsi que les programmes d'études de la FGJ

Reproduit du programme d'études Science et technologie de la FGA (MEES, 2018, p. 40).

Parcours de la formation générale (FGJ)		Cours de la formation générale des adultes (FGA)	Parcours de la formation générale appliquée (FGJ)	
1 ^{ère} année du 2 ^{ème} cycle	Science et technologie (ST)	SCG-4059-2	Applications technologiques et scientifiques (ATS)	1 ^{ère} année du 2 ^{ème} cycle
		SCG-4060-2		
2 ^{ème} année du 2 ^{ème} cycle	Science et technologie (ST)	SCT-4061-2	Applications technologiques et scientifiques (ATS)	2 ^{ème} année du 2 ^{ème} cycle
		SCT-4062-2		
	Science et technologie de l'environnement (STE)	SCT-4063-2	Science et environnement (SE)	
	SCT-4064-2			

secondaire à la FGA, SCG-4059-2 et SCG-4060-2, remplacent les parcours ST ou ATS de la FGJ. À la quatrième secondaire à la FGA, l'adulte n'a pas à choisir parmi différents parcours, mais plutôt parmi une série de cours offrant des unités. Tel qu'illustré dans le tableau 1, différentes combinaisons de ces cours équivalent aux cheminements de la FGJ. Il me semble probable que la majorité des adultes de la FGA inscrits en Science et technologie s'arrêtent après les deux premiers cours de la quatrième secondaire, soit le SCT-4061-2 et le SCT-4062-2, complétant ainsi l'équivalent du parcours *Science et technologie* de la FGJ. Cette hypothèse repose sur le fait que la réussite de ces deux cours

est suffisante pour répondre à une des exigences d'obtention du diplôme d'études secondaires⁸, à certaines conditions d'admission de la formation professionnelle et à une des conditions générales d'admission aux programmes d'études collégiaux⁹. D'autres adultes pourront choisir les cours correspondant au parcours *Applications technologiques et scientifiques* de la formation générale appliquée, ajoutant le cours SCT-4063-2 aux deux premiers. Ces adultes, en plus des connaissances et compétences développées dans ce troisième cours, obtiendront deux unités de quatrième secondaire supplémentaires, mais auront les mêmes accès aux cours suivants de la cinquième secondaire ou du niveau collégial que les adultes ayant seulement fait les deux premiers cours. Finalement, certains adultes se dirigeant vers les cours optionnels de Chimie et de Physique de la cinquième secondaire opteront pour les cours équivalant aux parcours *Science et technologie* et *Science et technologie de l'environnement* de la formation générale des jeunes, combinant ainsi les quatre cours de Science et technologie de la quatrième secondaire.

Par ailleurs, dans le document intitulé *Conditions d'admission, Programmes d'études conduisant au diplôme d'études collégiales* (2017), les parcours *Science et technologie de l'environnement* (quatre unités) et *Science et environnement* (deux unités) sont considérés comme équivalents, l'un ou l'autre répondant aux conditions particulières d'admission à certains programmes. Pour la FGA, la combinaison des cours SCT-4061-2, SCT-4062-2 et SCT-4064-2 respecterait également ces mêmes conditions particulières d'admission, puisque le cours SCT-4064-2 équivaut au parcours *Science et environnement* de la FGJ¹⁰. Cette dernière combinaison de cours pour la FGA est cependant incompatible avec les programmes d'études de la FGJ dans lesquels on mentionne que le parcours *Science et environnement* est un complément au programme d'Applications technologiques et scientifiques (MELS, 2007b). Il n'y a cependant aucune mention de cette nature dans le programme de la FGA. On y retrouve seulement une liste de cours et leur équivalent à la

⁸ Soit celle d'obtenir huit unités du domaine de la mathématique, de la science et de la technologie et de l'informatique, dont un minimum de quatre en mathématique.

⁹ Soit celle d'obtenir quatre unités en sciences et technologie.

¹⁰ Voir le tableau 1.

FGJ. Par contre, le message véhiculé par la Direction de l'éducation des adultes et de la formation continue dans le milieu de la FGA depuis plusieurs années est le même : les combinaisons de cours de la quatrième secondaire à la FGA devraient s'arrimer avec les parcours offerts à la FGJ illustrés dans la figure 1, rendant la combinaison des cours SCT-4061-2, SCT-4062-2 et SCT-4064-2 hors norme.

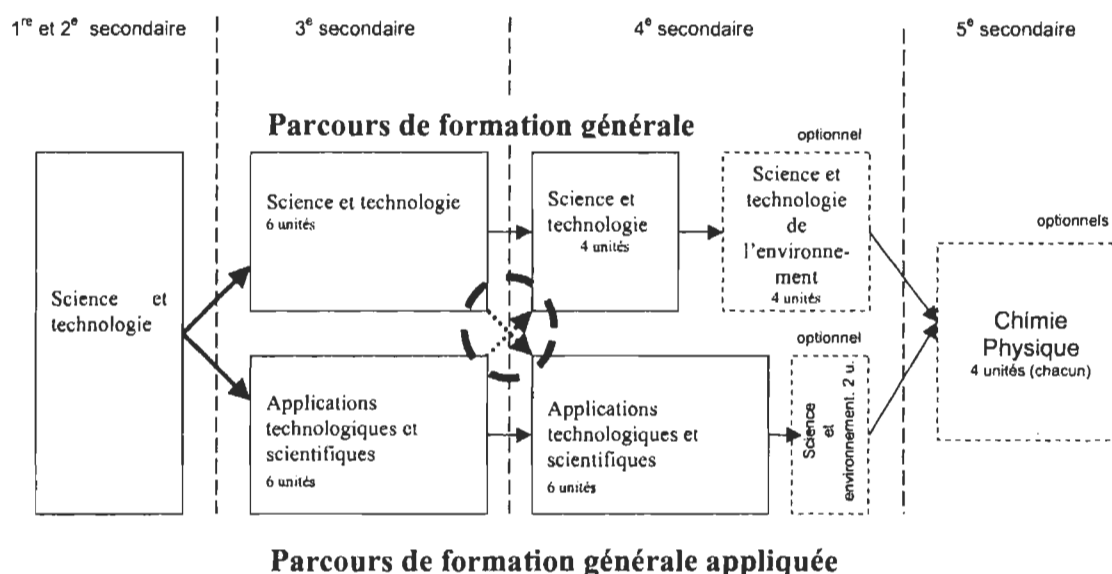


Figure 1. Cheminement des élèves en Science et technologie ou Applications technologiques et scientifiques, 2^e cycle du secondaire

(Reproduit d'Instruction 2008-2009 (MELS, 2008))

Cette discordance entre les programmes d'études et les conditions particulières d'admission au niveau collégial amène la problématique suivante : le cours La mécanisation du travail (SCT-4063-2) n'est pas officiellement obligatoire pour l'obtention du diplôme d'études secondaires ou pour l'accès aux programmes collégiaux avec conditions particulières d'admission comme *Sciences de la nature*. Cependant, le cours La mécanisation du travail fait tout de même partie du programme d'études Science et technologie de la FGA et est soumis à une évaluation ministérielle. Ce dernier point montre bien le caractère officiel ou important de ce cours, malgré la discordance entre les programmes d'études et les conditions particulières d'admission au niveau collégial.

Outre ces considérations plus administratives, il existe d'autres enjeux relatifs au travail quotidien des enseignants. Bien que le nouveau programme d'études Science et technologie apporte son lot de défis, les enseignants de la FGA devront tout de même le mettre en œuvre dans leur classe, dès que son implantation sera obligatoire. Considérant que les enseignants ont, dans une même classe, des élèves de plusieurs niveaux différents et qui étudient parfois des matières scolaires variées, ils devront probablement s'appuyer sur les manuels scolaires et les cahiers d'apprentissage des maisons d'édition pour implanter ce programme d'études. Comme le soulignent Lebrun, Bédard, Hasni et Grenon (2006), ces matériels didactiques et pédagogiques influent grandement les situations d'enseignement-apprentissage vécues en classe, autant au Québec qu'ailleurs dans le monde. Il est légitime de penser qu'il en sera de même à la FGA. De plus, en accord avec les stratégies et les méthodes andragogiques partagées au Québec (Tremblay et Balleux, 1993; Voyer *et al.*, 2012), aux États-Unis (Knowles, 1996) et en France (Besnard et Liétard, 2001), chaque adulte chemine à son rythme et doit donc s'appuyer sur un matériel didactique favorisant son autonomie. Dans ce contexte, ce matériel doit être le plus complet possible, répondre aux attentes de fin de cours et être compatible avec les orientations du curriculum. Ainsi, il pourra agir convenablement en tant que véritable outil de médiation en intervenant entre l'enseignant, l'adulte et le savoir tout en offrant des situations d'enseignement-apprentissage de qualité (Lebrun *et al.*, 2006).

Cela dit, les enseignants de plusieurs disciplines, dont ceux de sciences et technologie, décrivent le manque de matériel didactique disponible et en adéquation avec l'enseignement individualisé, approche dominante à la FGA (AQIFGA, 2013). Premièrement, comme le soulignent Barma, Vincent, Massé-Morneau et Cadieux-Gagnon (2014), une situation d'apprentissage « clé en main » réalisée pour la FGJ, dans laquelle tout le matériel didactique est fourni et clairement expliqué, ne peut être concrétisée en classe à la FGA sans y apporter des ajustements. Ces derniers, souvent majeurs, visent à permettre l'autonomisation de l'adulte en formation, contrairement aux élèves en classe à l'école secondaire, qui peuvent habituellement compter sur des directives ou l'aide de l'enseignant, du technicien en travaux pratiques ou des pairs. Deuxièmement, de 2011 à

2016, aucune maison d'édition n'avait d'intention claire de produire du matériel didactique pour le cours La mécanisation du travail (SCT-4063-2). À ce jour, ce qui est constaté dans le milieu, c'est qu'une seule maison d'édition, la Société de formation à distance des commissions scolaires du Québec (SOFAD)¹¹, offre un cahier d'apprentissage pour ce cours et cela, cinq ans après la parution de ses trois autres cahiers d'apprentissage de la quatrième secondaire. De plus, bien qu'il soit utilisable en classe et adapté au programme d'études de la FGA, ce cahier d'apprentissage est, d'un point de vue andragogique, conçu pour un adulte en formation à distance.

Bien que je ne puisse expliquer ce faible intérêt de la part des maisons d'édition avec certitude, il me semble que le caractère optionnel du cours par rapport aux conditions particulières d'admission au niveau collégial et la faible proportion d'adultes s'inscrivant dans des cours de sciences à la FGA y soient pour quelque chose.

Finalement, c'est de ce besoin réel de matériel didactique adapté à la réalité du milieu qu'émerge mon idée de développement.

1.4. Idée de développement

Avec l'aide des FAR et d'enseignants de la FGA, du matériel didactique a été produit et déposé sur la plateforme Alexandrie FGA¹² pour tous les cours de la quatrième secondaire en Science et technologie, mais très peu pour le cours La mécanisation du travail. En considérant également le besoin réel de matériel didactique adapté à la réalité du milieu mentionné précédemment, c'est dans ce cours précis que s'inscrit l'idée de développement d'une situation d'apprentissage (SA). Conformément aux orientations du programme d'études, je veux inscrire ce développement dans une approche technologique, et ainsi analyser une application technologique afin de découvrir ou d'approfondir des concepts scientifiques qui la sous-tendent (MEES, 2018b). C'est dans ce contexte que j'ai élaboré une SA dans le cadre de mes fonctions professionnelles, antérieurement à ce projet de

¹¹ Site Internet de la SOFAD : <http://www.sofad.qc.ca/fr/>

¹² Plateforme accessible au <http://www.carrefourfga.ca/alexandrie-fga/>

recherche. Mais la mise à l'essai dans le milieu de la FGA et l'amélioration de cette SA restent à faire. C'est ce que je propose de réaliser et de documenter dans mon mémoire. Ce processus sera élaboré davantage dans le chapitre de méthodologie.

1.5. Question et objectifs de recherche

La conception d'une SA est une étape charnière de l'élaboration d'un matériel didactique destiné à un cours en particulier. Cependant, sa mise à l'essai et son amélioration par les enseignants demeurent importantes afin d'obtenir un matériel testé et ajusté aux besoins des enseignants et de leurs élèves. Ces réflexions sur le manque de matériel didactique adapté à la FGA et cette idée de développement conduisent à la question de recherche suivante : Quelles sont les améliorations à apporter à la SA d'analyse technologique développée dans le cadre du nouveau cours La mécanisation du travail au regard des obstacles et difficultés identifiés et des solutions proposées par des enseignants de la FGA?

Cette question de recherche ainsi que la problématique m'amènent à formuler les objectifs qui guident ma recherche :

- 1) Documenter les obstacles et les difficultés liés à l'enseignement et à l'apprentissage identifiés par des enseignants dans la SA.
- 2) Documenter les solutions proposées par ces enseignants.
- 3) Améliorer la SA à la lumière des obstacles, difficultés et solutions.

1.6. Pertinence scientifique et professionnelle

Le développement de matériel didactique pour le cours La mécanisation du travail répond à un besoin du milieu, mais me permet également de me pencher sur les situations d'apprentissage dans le contexte de l'implantation d'un nouveau cours à la FGA. D'abord, comme le soulignent Voyer, Potvin et Bourdon (2014), très peu de recherches scientifiques ont porté sur ce milieu en général, malgré les transformations récentes et le nombre important d'adultes fréquentant ce secteur de l'éducation au Québec. De plus, « la

recherche sur la didactique – des langues, des sciences et des mathématiques – en formation de base des adultes en milieu scolaire demeure insuffisamment développée. » (Voyer *et al.*, 2014, p. 199). C'est pourquoi cette recherche apportera un éclairage nouveau et intéressant pour les enseignants de sciences et technologie de la FGA au Québec, mais aussi pour l'avancement des connaissances scientifiques.

En outre, la mise à l'essai et l'amélioration de ma SA précèdent l'implantation obligatoire des nouveaux cours. Les enseignants seront probablement intéressés à connaître les retombées de cette recherche ou même à utiliser directement en classe la SA améliorée. Ce matériel pourra également servir à la formation continue du personnel enseignant, en ce sens qu'il offrira un modèle appuyé par la recherche et amélioré par les praticiens et les praticiennes du milieu. En le découvrant et en l'expérimentant, l'enseignant pourra parfaire son appropriation du nouveau programme d'études et, plus particulièrement, l'une des approches qu'il préconise, l'approche technologique, que je précise, notamment en ce qui concerne la teneur de la démarche employée, dans le Référentiel.

Finalement, une des retombées de la recherche est également d'offrir au réseau de la FGA une SA de qualité et libre de droits, utilisable dans un cours pour lequel il y a peu de matériel adapté à la FGA. En rendant cette SA disponible, j'espère que les CFGA seront davantage enclins à offrir ce cours qui, à mon avis, ne peut que stimuler l'intérêt des adultes envers les sciences et la technologie, rejoignant ici une des visées du programme d'études Science et technologie de la FGJ et de la FGA.

2. Référentiel

Dans ce chapitre, je présente les principaux concepts retenus dans le cadre de ma recherche ainsi que les différents auteurs ayant contribué à l'avancement des connaissances à leur sujet et à leur clarification. Ainsi, ce référentiel a comme objectif de définir ce qu'est pour moi une situation d'apprentissage (SA) et de clarifier le concept de démarche d'investigation sous l'angle de la technologie. Finalement, les notions d'obstacle et de difficulté liés à l'enseignement et à l'apprentissage sont développés respectivement selon Brousseau (1998) et Thouin (2009).

2.1. Situation d'apprentissage

La notion de situation d'apprentissage est polysémique, et sa définition varie notamment dans les écrits et dans les milieux de pratique. Dans mon milieu professionnel, certains enseignants conçoivent les situations d'apprentissage comme des outils didactiques leur permettant de savoir si l'adulte est suffisamment compétent pour poursuivre son cheminement, alors que d'autres les envisagent comme des moyens de construire de nouveaux apprentissages de façon contextualisée.

Je vais maintenant définir plus en détail ce que je désigne comme une situation d'apprentissage ainsi que les caractéristiques souhaitables d'une telle situation lorsqu'elle est employée à la FGA, en m'appuyant, entre autres, sur les écrits de Jonnaert (1996) et sur le programme d'études Science et technologie à la FGA du MEES (2018b).

2.1.1. Distinctions terminologiques et définitions d'une SA

Dans le milieu de l'enseignement des sciences et de la technologie à la FGA, la terminologie employée pour désigner les situations dans lesquelles les adultes se placent pour apprendre est diversifiée : situation d'apprentissage (SA), situation d'apprentissage et d'évaluation (SAÉ), situation d'enseignement-apprentissage (SEA) et situation d'apprentissage ouverte (SAO). Je me concentre cependant sur la distinction entre une SA

et une SAÉ¹³, puisque ce sont les principaux termes employés dans mon milieu professionnel et dans le programme d'études de la FGA.

Legendre (2005) définit une situation d'apprentissage comme le « déroulement opérationnel de la situation pédagogique pendant laquelle le Sujet se situe dans un cheminement conduisant à l'atteinte d'objectifs. » (p. 1238). Cette définition somme toute assez générale souligne la présence d'intentions pédagogiques définies par l'enseignant, élément important d'une SA à mes yeux. Selon Riente (2010), « une situation d'apprentissage est un ensemble constitué d'une ou plusieurs activités d'apprentissage, portant sur un nouvel objet d'apprentissage, dans lesquelles sont réalisées des tâches simples ou complexes. » (p. 52) Cette définition est aussi assez large, puisqu'on ne spécifie pas la teneur de l'objet d'apprentissage, ce qui ouvre la porte autant aux concepts prescrits, aux démarches ou aux techniques dans le cas des sciences et de la technologie. On note cependant un accent mis sur l'apprentissage et sur la réalisation de différentes tâches. Pour sa part, la SAÉ se distingue par l'ajout de la dimension évaluative. Elle peut avoir un rôle de « validation des acquis, de reconnaissance du niveau de compétence atteint et de régulation de la part de l'élève et l'enseignant. » (p. 52) Il y a donc un lien entre l'intention pédagogique de l'enseignant et l'expression qui devrait être employée. L'évaluation des apprentissages n'étant pas un concept-clé de cette recherche, j'emploie le terme situation d'apprentissage pour désigner le matériel didactique à expérimenter auprès des enseignants et à améliorer dans le cadre du cours La mécanisation du travail¹⁴.

Pour sa part, Jonnaert (1996) propose une vision constructiviste des situations présentées aux élèves dans le cadre d'apprentissages scolaires. Pour lui, lorsque l'élève aborde une situation, il traite plutôt la représentation qu'il se fait de la situation. Cette dernière est construite à l'aide des connaissances de l'élève et des caractéristiques qu'il retient de la

¹³ Voir Legendre (2005) pour plus de détails sur la SEA et Potvin (2011) pour plus de détails sur la SAO.

¹⁴La SA offre tout de même une excellente opportunité pour l'enseignant d'offrir une rétroaction à l'adulte sur les tâches accomplies, ce qui constitue une forme d'évaluation en aide à l'apprentissage. Un enseignant pourrait aussi établir certains critères et évaluer la production de l'adulte. Cependant, l'évaluation en aide à l'apprentissage n'est pas un concept principal de cette recherche développement et le terme SA est employé tout au long du mémoire.

situation. S'il y a un conflit entre les exigences de la situation et les connaissances de l'élève, cela peut amener l'élève « à rejeter certaines connaissances, à en adopter d'autres ou à en construire de nouvelles. » (p. 236). Voyons maintenant la définition d'une SA selon le programme d'études de la FGA.

2.1.2. Définition d'une SA pour la FGA

La vision constructiviste des SA de Jonnaert (1996) est cohérente avec celle du programme d'études Science et technologie de la FGA (MEES, 2018b) qui définit ce concept ainsi :

Les situations d'apprentissage orientent la construction et la mobilisation des connaissances ainsi que le développement des compétences disciplinaires et transversales. Liées à un contexte, elles présentent soit un problème à résoudre ou une problématique à traiter. Elles comportent une ou plusieurs tâches donnant lieu à une production déterminée. (p. 11)

Cette définition rejoint celle de Jonnaert, Barette, Masciotra et Yaya (2006) puisque ces auteurs mentionnent que le développement d'une compétence se concrétise par l'adaptation à la situation et à son contexte. Pour le MEES, les situations d'apprentissage permettent donc d'atteindre une des visées du nouveau curriculum, qui est le développement des compétences disciplinaires et transversales des adultes en formation. En somme, je retiens cette dernière définition du MEES. Son caractère général permet

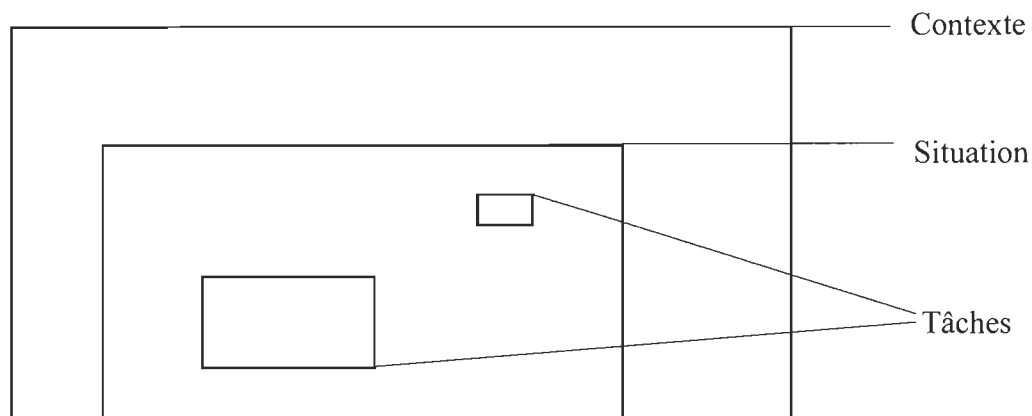


Figure 2. Relation entre le contexte, la situation et les tâches dans une SA

d'englober différentes SA et laisse l'enseignant libre dans son choix d'une approche pédagogique adaptée et cohérente avec ses intentions pédagogiques. De plus, elle inclut à la fois les situations de construction et de mobilisation de connaissances et de compétences. La figure 2 représente ma conception d'une SA à la lumière de la définition retenue. La situation est vécue à l'intérieur d'un certain contexte social et environnemental, ce qui constitue un élément important selon Barma et Guilbert (2006), puisque cela a un impact sur la motivation, l'apprentissage ou la mobilisation ultérieure des savoirs et des savoir-faire des élèves. Cette situation conduit l'adulte à réaliser une ou plusieurs tâches qui l'amènent, ultimement, à la production finale attendue par la situation.

2.1.3. Caractéristiques souhaitables d'une SA à la FGA

Bien que la définition du concept de SA retenue soit large et inclusive, certaines caractéristiques doivent être dégagées afin de s'assurer qu'une SA s'inscrit dans l'esprit du programme d'études Science et technologie, offrant ainsi du matériel didactique de qualité aux enseignants. Le programme d'études spécifie trois caractéristiques importantes d'une bonne SA : la signifiante, l'ouverture et la complexité. Une SA est davantage signifiante lorsqu'elle traite de « réalisations scientifiques ou technologiques en relation avec le quotidien » (MEES, 2018b, p. 11) d'un adulte et lorsqu'elle rejoint ses centres d'intérêt. L'ouverture d'une SA réfère à la possibilité pour l'adulte de choisir sa démarche, d'une part, et à la présence de pistes de solutions multiples, d'autre part. Une SA dite complexe développe ou met à profit plus d'une compétence et plus d'une connaissance à construire. Ces caractéristiques, lorsqu'elles sont prises en compte dans le développement d'une SA, confèrent « plus de sens aux apprentissages et favorisent l'intégration des contenus disciplinaires et des composantes des compétences. » (MEES, 2018b, p. 11)

De leur côté, Jonnaert et Vander Borgh (2009) proposent des conditions pour qu'une situation existe pour un adulte et soit considérée comme un problème. Pour eux, la situation doit, entre autres, avoir du sens et être située dans le champ de connaissances de l'adulte en plus de faire mobiliser une stratégie de traitement imaginée par adulte. Elle

doit être intéressante et ouverte, afin que l'adulte essaie différentes stratégies de traitement. Elle doit pouvoir être traduite dans des langages différents (plan, texte, schéma, etc.) afin que l'adulte choisisse le langage le mieux adapté à la situation. En outre, « l'apprentissage doit permettre la création ou l'adaptation de connaissances (ou de compétences) qui vont permettre d'augmenter les ressources cognitives du sujet par rapport à la situation. » (p. 361) Ces conditions s'articulent bien avec les caractéristiques nommées dans le programme d'études, puisqu'on les retrouve également chez ces auteurs, mais aussi parce qu'elles appuient les visées constructivistes du programme. L'utilisation de ces différentes caractéristiques devient donc appropriée lorsque l'on veut choisir ou produire une SA qui s'inscrit bien dans l'esprit du nouveau programme d'études Science et technologie.

2.1.4. Familles de situations d'apprentissage

Dans le programme d'études Science et technologie de la FGA, deux familles de SA sont présentées, soit la famille Recherche et la famille Expertise. Ces deux familles sont prescrites, c'est-à-dire qu'on doit les retrouver toutes les deux dans chaque cours.

La famille Recherche « couvre les situations d'apprentissage dans lesquelles les tâches exécutées par l'adulte visent la résolution d'un problème d'ordre scientifique ou technologique. » (MEES, 2018, p. 11) Souvent, des techniques prescrites seront mobilisées. Le développement de la compétence disciplinaire 1, Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique, est particulièrement visé par cette famille de situation.

La famille Expertise couvre les SA comportant « des tâches qui appellent l'adulte à se pencher sur une problématique impliquant un phénomène ou une application. » (MEES, 2018b, p. 12) Des outils et des techniques de représentation graphique ou de démontage relevant de la technologie peuvent être utilisés afin d'analyser une application technologique. C'est dans cette famille que s'inscrit la situation d'apprentissage de ma recherche développement.

Dans ces deux familles, les SA « permettent à l'adulte de construire des connaissances, de mobiliser des ressources, de mettre en œuvre les démarches d'investigation et de développer les compétences du programme d'études. » (MEES, 2018b, p. 12) Cette idée influence mon projet de développement.

2.2. Démarches d'investigation scientifique et technologique

Le Programme de formation de l'école québécoise (PFEQ) (2007b) stipule que les démarches « correspondent essentiellement aux façons de faire dans un contexte de résolution de problèmes en science et en technologie. » (p. 25) Hasni, Belletête et Potvin (2018) mentionnent toutefois qu'il existe une « diversité des définitions » concernant les démarches d'investigation scientifique (DIS). D'ailleurs, le programme d'études de la FGA (2018b) souligne pour sa part l'utilité des démarches d'investigation dans la résolution d'un problème, dans le traitement d'une problématique ou dans l'étude d'un phénomène ou d'une application. Dionne (2008) ajoute quelques dimensions associées à ces démarches dans l'élaboration de situations d'évaluation : l'apprenant doit « faire des choix sur la façon dont il mènera ses investigations » en plus d'être « en mesure d'exercer certaines habiletés scientifiques [...] de façon à résoudre un problème à sa mesure. » (p. 49) Il est également important de mentionner que les DIS ne doivent pas être confondues avec de simples activités de manipulation (Belletête, 2015), puisqu'elles s'appuient à la fois sur des habiletés intellectuelles et techniques (Hasni et Potvin, 2013).

Hasni, Belletête et Potvin (2018) ajoutent aussi que « les ambiguïtés qui les [DIS] accompagnent marquent également les publications dans le domaine de l'éducation scientifique. » (p. 22) Une présentation rapide des modèles de démarches d'investigation désignées par OHERIC¹⁵, THEORIC¹⁶, OPHERIC¹⁷, DiPHTeRIC¹⁸ illustre leurs propos. Toujours selon ces mêmes auteurs, « les publications en éducation scientifique montrent

¹⁵ Observation; Hypothèses; Expérimentation; Résultats; Interprétation; Conclusions.

¹⁶ Théories; Hypothèses; Expérimentation; Observation; Résultats; Interprétation; Conclusions.

¹⁷ Observation; Problème; Hypothèses; Expérimentation; Résultats; Interprétation; Conclusions.

¹⁸ Données initiales; Problème; Hypothèses; Tests; Résultats; Interprétation; Conclusions.

très bien la diversité des attributs¹⁹ utilisés pour définir les DIS. » (p. 23) Mais cela ne pose pas un problème en soi, puisque ça illustre la complexité et la richesse des DIS et le nombre élevé d'habiletés et d'attitudes « requises pour développer et mettre en œuvre une compétence aussi complexe qu'une DIS » (p. 23). Pour Hasni, Belletête et Potvin (2018), une dérive en lien avec les DIS serait plutôt de les réduire à un nombre prédéfini d'attributs et de les enseigner comme étant des procédures à appliquer « de manière linéaire et répétitive à tous les types de problèmes scientifiques » (p. 23).

Au Québec, les DIS sont prescrites aux niveaux primaire et secondaire et sont introduites à partir du deuxième cycle du primaire, soit vers l'âge de huit ans. On peut donc affirmer qu'elles devraient occuper une place importante dans l'enseignement scientifique et technologique des élèves québécois. Dans les programmes actuels à la FGJ comme à la FGA, les DIS sont caractérisées à deux endroits. On peut d'abord retrouver les étapes des DIS dans les composantes des compétences disciplinaires. Ainsi, à l'annexe 4 (p. 149) du programme d'études Science et technologie de la FGA (MEES, 2018b), ces composantes ainsi que leurs sous-composantes sont explicitées. Le tableau 2 présente l'exemple des composantes de la compétence disciplinaire deux.

Tableau 2. Composantes de la compétence disciplinaire deux

Tiré du programme d'études Science et technologie de la FGA (MEES, 2018, p. 149-150)

Compétence 2 Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques
Situer une problématique ou une application dans son contexte
<ul style="list-style-type: none"> • Définir les aspects contextuels de la problématique ou de l'application (aspect social, environnemental, historique, etc.). • Établir des liens entre divers aspects contextuels. • Dégager des enjeux liés à la problématique ou à l'application, s'il y a lieu.
Analyser un phénomène lié à la problématique ou une application sous l'angle de la science

¹⁹ Comme Hasni, Belletête et Potvin (2018), j'emploie régulièrement le terme « attribut » pour désigner les « étapes » d'une DIS, puisqu'il laisse place à une démarche plus ouverte et non-linéaire.

<ul style="list-style-type: none"> • Reconnaître des principes scientifiques associés au phénomène ou à l'application. • Décrire des principes scientifiques associés au phénomène ou à l'application de manière qualitative ou quantitative. • Mettre en relation des principes scientifiques associés au phénomène ou à l'application en s'appuyant sur des concepts, des lois, des théories ou des modèles.
<p>Analyser une application sous l'angle de la technologie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Déterminer la fonction globale de l'application. • Repérer les divers composants de l'application et en déterminer les fonctions respectives. • Décrire des principes de fonctionnement et de construction de l'application et de ses composants. • Mettre en relation des principes de fonctionnement et de construction de l'application et de ses composants en s'appuyant sur des concepts, des lois, des théories ou des modèles. • Représenter schématiquement des principes de fonctionnement et de construction de l'application et de ses composants. • Expliquer les solutions retenues à l'étape de la conception ou de la fabrication de l'application et de ses composants.
<p>Construire son opinion sur la problématique</p> <ul style="list-style-type: none"> • Recourir à différentes ressources et considérer divers points de vue. • Déterminer les éléments qui peuvent aider à se construire une opinion. • Justifier son opinion en s'appuyant sur les éléments considérés. • Nuancer son opinion en prenant celle des autres en considération.
<p>Construire son opinion sur la qualité de l'application</p> <ul style="list-style-type: none"> • Réunir l'information sur les solutions adoptées pour la conception ou la fabrication de l'application. • Déterminer les éléments qui peuvent aider à se construire une opinion. • Justifier son opinion en s'appuyant sur les éléments considérés. • Nuancer son opinion en prenant celle des autres en considération. • Proposer des améliorations, s'il y a lieu.

La deuxième façon de présenter les DIS est par le biais de certaines stratégies, méthodes et tâches présentées dans les annexes 1, 2 et 3 aux pages 141 à 147 du même programme. Par exemple, à la page 141, des stratégies d'analyse sont présentées comme celle de diviser un problème complexe en sous-problèmes plus simples (MEES, 2018b). Je reviendrai sur certains de ces éléments plus en détail dans le contexte de la SA à la FGA à la section 2.2.1.

En somme, les DIS représentent de bons outils pour les enseignants afin que les adultes développent les compétences prescrites par le programme d'études. Leurs attributs peuvent être adaptés en fonction de la situation d'apprentissage proposée. L'adulte construit ses connaissances et ses compétences à travers la démarche empruntée. Plus encore, Belletête (2015) mentionne que l'utilisation de ces démarches d'investigation « semble permettre de maintenir un certain intérêt situationnel chez les élèves » (p. 141), ce qui est habituellement apprécié des enseignants. Allons maintenant un peu plus en détail dans une des démarches d'investigation, soit celle mobilisée dans mon projet de développement.

2.2.1. Démarche d'investigation sous l'angle de la technologie à la FGA

Le cours La mécanisation du travail a comme but de « rendre l'adulte apte à traiter efficacement des situations [...] liées à une application technologique qui associe un principe physique à un mécanisme. » (MEES, 2018b, p. 109) Pour y parvenir, les enseignants doivent, entre autres, amener les adultes en formation à mobiliser des démarches d'investigation, qu'elles soient scientifiques ou technologiques. Le tableau 3 présente les attributs (ou étapes) des démarches d'investigation à la FGA.

Tableau 3. Similarité des tâches accomplies dans les démarches d'investigation du programme d'études de la FGA

Reproduit du programme d'études Science et technologie de la FGA (MEES, 2018, p. 143)

Démarches d'investigation		
	Science	Technologie
Étapes	Exemples	
Définir le problème ou le besoin	Circonscrire les informations appropriées au problème. Rechercher les notions en cause. Recourir à des connaissances théoriques personnelles, à des savoirs théoriques tirés de documents, à des expériences antérieures, à des situations vécues ou à la logique.	
Formuler une hypothèse	Élaborer des questions à partir de différents faits. Créer des analogies ou essayer de prédire des résultats. Établir des relations causales. Proposer un modèle.	Faire émerger des solutions de conception ou de fonctionnement. Tracer des croquis.
Vérifier l'hypothèse	Préparer et faire des observations. Réaliser une expérimentation. Mettre au point un modèle ou faire une recherche documentaire pour affirmer ou infirmer l'hypothèse de départ.	Tracer des schémas de principe ou de construction. Préparer le procédé de fabrication et d'évaluation du prototype. Effectuer une analyse technologique.
Tirer des conclusions	Exprimer sa compréhension des faits. Produire une explication, un nouveau modèle ou une nouvelle théorie.	Rendre compte de la qualité des solutions de conception, de fonctionnement et de fabrication adoptées.
Communiquer	Produire une réponse, une solution, une explication, un modèle ou une opinion.	Produire une solution, une explication, un dossier technique ou une opinion.

Ces démarches, inspirées entre autres par les caractéristiques de la recherche scientifique, ont été adaptées par le MEES au cadre scolaire de la FGA. Chacune d'elle propose les mêmes étapes : *définir le problème ou le besoin*, *formuler une hypothèse*, *vérifier l'hypothèse*, *tirer des conclusions* et *communiquer*. Cependant, elles se distinguent à

l'attribut central *vérifier l'hypothèse*, car ce que l'adulte fait pendant cette étape variera grandement selon la méthode scientifique ou technologique²⁰ utilisée. Autrement dit, différentes méthodes scientifiques ou technologiques peuvent être employées à l'intérieur de la démarche d'investigation à l'étape de la vérification de l'hypothèse. Le tableau 4 présente ces différentes méthodes.

Tableau 4. Méthodes scientifiques ou technologiques utilisées pour vérifier l'hypothèse

Tiré du programme d'études Science et technologie de la FGA (MEES, 2018, p. 145 à 147)

Vérifier l'hypothèse	
<p style="text-align: center;">Méthodes scientifiques</p> <ul style="list-style-type: none"> • Expérimentation • Observation • Modélisation • Recherche documentaire 	<p style="text-align: center;">Méthodes technologiques</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conception du prototype • Observation

Dans le cadre du cours La mécanisation du travail, le programme d'études propose d'utiliser ces méthodes scientifiques ou technologiques. Pour ma SA, c'est la méthode technologique d'observation qui sera mise de l'avant par les adultes. Cette méthode, en plus de la démarche d'investigation et des composantes de la compétence 2, me sert d'inspiration pour l'élaboration des différentes tâches de la SA liées à l'analyse technologique d'un objet technique. Je garde tout de même en tête la dérive possible d'un nombre prédéfini d'attributs et d'un enseignement procédural des DIS (Hasni *et al.*, 2018), élément que le programme d'études de la FGA n'a pas, à mes yeux, réussi à clarifier pour éviter cette dérive.

²⁰ Le lecteur est invité à consulter l'annexe 3 à la page 145 du programme d'études Science et technologie de la FGA pour en savoir davantage sur les différentes méthodes scientifiques et technologiques.

J'appellerai « démarche d'analyse technologique » (DAT) la méthode d'observation employée dans le contexte d'une démarche d'investigation à caractère technologique, puisque cette désignation est plus explicite, est employée de façon semblable à la FGJ et précise bien ma situation. Par ailleurs, le PFEQ (2007b, p. 44) l'explique ainsi :

L'analyse d'un objet technique 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 ou d'un système s'avère également nécessaire pour déterminer leurs fonctions respectives. L'un ou l'autre pourra éventuellement être démonté afin de mieux comprendre les principes mis en cause dans son fonctionnement et sa construction. Cette forme d'analyse permet de réaliser comment l'objet ou le système constitue l'assemblage concret et tangible des diverses solutions retenues pour répondre à un besoin.

Cette explication de la DAT précise bien certaines tâches propres à cette démarche en plus d'établir un lien avec le besoin à satisfaire de l'utilisateur.

La DAT n'est pas unique à l'enseignement secondaire. Elle est également présente dans l'industrie, entre autres pour comprendre le fonctionnement d'un produit, améliorer un produit ou tenter de l'imiter sans enfreindre les brevets (Doucet, Langelier, et Samson, 2007).

Des raisons utilitaristes (Barma et Guilbert, 2006) justifient l'enseignement de cette démarche, puisque certaines situations professionnelles ou de vie s'y prêtent : être un meilleur consommateur, réparer un objet, améliorer un produit, mieux comprendre un objet ou recréer un objet existant. Cependant, Samson, Doucet, Langelier et Guérin (2009) soulignent d'autres raisons de l'enseigner qui sont plus près de la réalité de l'enseignement. En effet, ils mettent l'accent sur la possibilité, avec cette démarche, de stimuler la curiosité des élèves et d'ainsi augmenter leur motivation dans la tâche. Par ailleurs, comme le soulignent ces auteurs, l'enseignant pourra également, à l'aide de cette démarche, arrimer des principes physiques à des contextes concrets. Cette contextualisation des apprentissages permet de bien illustrer les savoirs scientifiques (Samson *et al.*, 2009) en plus d'augmenter les performances scolaires et l'intérêt envers les sciences et la technologie, particulièrement de ceux qui ont des attentes de réussite faibles (Hulleman et Harackiewicz, 2009). Cette dernière idée est particulièrement

intéressante pour la FGA, considérant la proportion élevée d'élèves à risque la fréquentant (Rousseau *et al.*, 2010).

Outre les raisons mentionnées précédemment, une des raisons qui m'amènent à proposer cette démarche dans la SA est mes observations dans le milieu de la FGA. Dans le programme actuel de *Sciences physiques 436* de la quatrième secondaire, certains enseignants font le choix de ne pas offrir d'activités de laboratoire aux adultes, peut-être par manque d'installation adéquate pour le faire ou pour gagner du temps. De plus, les adultes ne sont jamais évalués sur ces apprentissages pratiques dans le cadre de ce programme. Néanmoins, d'autres enseignants, qui voient dans les activités de laboratoire une façon de rendre la théorie plus concrète et d'améliorer l'apprentissage, proposent aux adultes des activités pratiques. Il s'agit, la plupart du temps, d'activités de laboratoire permettant de vérifier une hypothèse ou une notion scientifique à l'aide d'un protocole expérimental déterminé. Je crois donc qu'inclure la DAT dans ma SA favorisera l'intégration de nouvelles pratiques enseignantes en lien le programme d'études Science et technologie de la FGA. Bien que ces changements de pratiques constituent des défis pédagogiques majeurs pour les enseignants de sciences et technologie (Barma et Guilbert, 2006; Potvin et Dionne, 2007), inclure le développement de la DAT dans ma SA rejoint les prescriptions ministérielles québécoises (MEES, 2018b) et favorise la réussite d'adultes en formation (Hulleman et Harackiewicz, 2009).

2.3. Obstacles et difficultés possibles liés à la SA

Comme mentionné dans le chapitre présentant l'Origine de la recherche, un des objectifs de cette recherche est de documenter les obstacles et difficultés liés à l'enseignement et à l'apprentissage identifiés par des enseignants en vue d'améliorer la SA. Pour cette raison, il devient important ici de clarifier les concepts d'obstacle et de difficulté, d'autant plus que ces concepts sont utilisés en complémentarité afin de préciser l'analyse des résultats.

2.3.1. Obstacles didactiques

Les termes barrage, écueil, entrave et résistance sont associés à la notion générale d'obstacle telle que l'a décrit Legendre (2005). Selon ce dernier, un obstacle pédagogique réfère à une « difficulté qui confronte un Sujet dans son cheminement, laquelle peut favoriser ou nuire à son apprentissage. » (p. 665) Pour Astolfi et Peterfalvi (1993), certains obstacles résistent aux efforts d'enseignement. Parfois, la représentation de l'adulte d'un concept donné est telle que malgré tous les efforts d'enseignement, il s'avère difficile de la modifier, créant ainsi ce que Brousseau (1998) désigne comme des obstacles didactiques. Pour ce dernier, il est possible de distinguer ces différents obstacles selon leur origine.

Premièrement, l'obstacle d'origine ontogénique réfère aux connaissances spontanées qui apparaissent pendant le développement de l'enfant²¹. Par exemple, lorsqu'un enfant compare deux volumes de liquide, il fait habituellement référence à la grosseur du récipient plutôt qu'à la quantité de liquide se retrouvant à l'intérieur de celui-ci. Deuxièmement, l'obstacle d'origine épistémologique réfère au développement historique d'un concept ou à la construction d'un savoir chez un individu. Par exemple, il n'a pas toujours été évident que les plantes se « nourrissent » de gaz. Legendre (2005) ajoute même que ces obstacles « sont ceux auxquels on ne peut, ni ne doit échapper, du fait même de leur rôle constitutif dans la connaissance visée. » (p. 665) Troisièmement, l'obstacle d'origine didactique est introduit par le processus d'enseignement lui-même. Il peut donc provenir du système éducatif, du programme d'études ou directement de l'enseignement. L'image du drapeau des États-Unis qui flotte sur la Lune et que l'on retrouve parfois dans les manuels scolaires peut induire une conception erronée chez des adultes. Les objets ne flottent pas sur la Lune, c'était plutôt une tige qui tenait le drapeau afin qu'on le voie bien. Par ailleurs, étudier le système solaire en deux dimensions peut également créer des obstacles à la compréhension du positionnement des planètes.

²¹ Bien que ma recherche s'intéresse à la FGA, c'est dans ces termes que Brousseau décrit l'obstacle ontogénique. Aucun obstacle de cette origine n'a d'ailleurs été relevé par les participants.

Dans ma recherche, j'interroge les enseignants, pendant leur phase de planification²², sur les obstacles qu'ils prévoient que les adultes rencontreront dans leurs apprentissages et les solutions qu'ils envisagent, le cas échéant. Ces obstacles peuvent aussi être vécus par les enseignants en tant qu'apprenants face aux nouveaux concepts et aux nouvelles démarches à enseigner²³.

Ultimement, ces obstacles pourront être conservés et justifiés comme étant des objectifs de la SA ou enlevés ou minimisés afin de faciliter l'apprentissage. D'une part, pour Astolfi, Darot, Ginsburger-Vogel et Toussaint (2008), les obstacles peuvent être vus positivement « en [les] envisageant [...] dans une perspective plus dynamique. » (p. 125). C'est ce qu'ils appellent un objectif-obstacle²⁴. En ce sens, une SA peut viser à surmonter un obstacle, en s'assurant que les adultes ne le contournent pas. Elle en fait ainsi son objectif principal. À ce moment, le but de la SA est d'y intégrer cet obstacle et de fournir à l'adulte ce dont il a besoin afin de le franchir. Il se construit alors une nouvelle représentation du concept à l'étude. D'autre part, il y a aussi les obstacles à éviter, les obstacles susceptibles de faire abandonner les élèves. Il pourrait s'agir d'obstacles liés à l'enseignement ou à l'apprentissage, à la façon dont les différentes tâches sont présentées aux adultes et aux choix didactiques qui sont faits pour introduire un nouveau concept ou une nouvelle méthode.

Dans mon projet de développement, les enseignants-participants identifient des obstacles et proposent des solutions pour améliorer la SA. Ces données sont ensuite traitées afin d'avoir un portrait global de la SA et de permettre un jugement éclairé dans le choix des obstacles à conserver, à minimiser ou à éliminer.

²² J'interroge également un enseignant au sujet des obstacles vécus lors d'une mise à l'essai avec un adulte.

²³ Bien que ces obstacles de différentes origines sont habituellement vécus par les élèves, l'enseignant est également considéré, dans cette recherche, comme un Sujet pouvant vivre ces mêmes obstacles face à un nouveau savoir ou une nouvelle démarche à enseigner.

²⁴ Ce concept a été initialement élaboré par Martinand (1986).

2.3.2. Difficultés d'enseignement et d'apprentissage en sciences et technologie

Thouin (2009) aborde le concept de difficulté d'enseignement et d'apprentissage suivant une typologie adaptée de celle d'Astolfi (1997). Ce concept est intéressant puisque les enseignants de la FGA n'ont jamais reçu, pour la plupart, de formation initiale en enseignement de la technologie²⁵. Contrairement à la FGJ, il n'y avait pas de cours Initiation à la technologie à la FGA, faisant en sorte que les enseignants ne sont pas experts ou n'ont pas de collègues experts en ce qui concerne les concepts et les techniques liés à l'enseignement de la technologie. Leurs connaissances et compétences en lien avec ces concepts ou techniques et la démarche d'investigation sous l'angle de la technologie proviennent donc probablement de leur vécu personnel ou de formations continues reçues dans le cadre de leur travail ou initiées par eux-mêmes. N'ayant pas encore eu la chance d'enseigner les nouveaux cours du programme Science et technologie, il semble donc possible qu'il soit ardu pour eux de repérer des obstacles d'origine didactique ou épistémologique dans une SA dont ils ne maîtrisent peut-être pas parfaitement les fondements théoriques et les concepts scientifiques ou technologiques attachés. En ce sens, la typologie de Thouin (2009)²⁶ adaptée d'Astolfi (1997), organisée selon le triangle didactique²⁷, est intéressante pour cette recherche développement. Elle est utilisée en complémentarité avec le concept d'obstacle didactique de Brousseau (1998). Les deux typologies (d'obstacles et de difficultés) structurent le chapitre Résultats. Dans les prochains paragraphes, j'explique brièvement chacune de ces difficultés.

²⁵ Le terme « technologie » est employé ici au sens du programme Science et technologie. Rappelons que l'enseignement de la technologie ne figure à ce jour pas à la tâche des enseignants de sciences de la FGA et que ce volet sera ajouté au moment de l'implantation obligatoire du nouveau programme d'études.

²⁶ Cette typologie de Thouin (2009) est publiée dans un livre dédié à l'enseignement des sciences et de la technologie au préscolaire et au primaire. Je l'ai utilisée intégralement, tout en la transposant à la réalité de la FGA.

²⁷ Les sommets du triangle didactique sont l'enseignant, l'adulte et les savoirs. L'interrelation entre ces sommets représente les domaines de recherche propres à la didactique. Pour davantage d'explications, vous pouvez vous référer au chapitre 2 du livre de Thouin (2009).

Pour les difficultés qui relèvent de la relation enseignant-savoir, celles liées à *une mauvaise transposition didactique*²⁸ sont engendrées lorsque les savoirs scientifiques ou technologiques sont transposés en savoir scolaire ou lorsque les savoirs scolaires du programme d'études sont transposés en activités d'apprentissage avec les adultes. Cette transposition est inévitable, mais peut être réussie à des degrés divers. Par exemple, une décontextualisation excessive de l'étude des plastiques pourrait désintéresser l'adulte et rendre les apprentissages plus difficiles. Les *difficultés liées aux obstacles didactiques* proviennent souvent de la façon dont les concepts sont présentés aux adultes. Par exemple, si l'on compare la schématisation d'un objet à une reproduction exacte de cet objet, il sera difficile pour l'adulte de mettre de côté l'apparence de l'objet et de se concentrer sur les principes.

Pour les difficultés qui relèvent de la relation enseignant-élève, celles liées *au contrat didactique*²⁹ sont souvent issues d'une rupture de ce contrat. Par exemple, lorsque l'enseignant prépare le matériel nécessaire à une DAT et que l'adulte s'absente sans motif valable, il se peut que l'adulte ne puisse reprendre ce temps consacré au travail en atelier et doive s'organiser autrement pour poursuivre son analyse technologique. Il se peut également que l'enseignant ne puisse pas offrir à l'adulte le temps nécessaire à l'atelier, puisque l'organisation scolaire du CFGA ne le permet pas. En ce qui concerne les *difficultés liées aux écarts aux démarches attendues*, l'enseignant doit garder l'esprit ouvert et être attentif aux solutions alternatives d'une SA. Cependant, clarifier les consignes ou le cahier des charges dans le cas d'une conception technologique peut aider à pallier certaines difficultés de ce type. Pour les *difficultés liées à la compréhension des consignes*, il est utile de rappeler que les consignes doivent être les plus claires et précises possible, tout en étant adaptées au public cible. La réécriture des consignes, à la suite de

²⁸ La transposition didactique est un concept et un champ d'études de la didactique. Elle s'intéresse principalement à la sélection et à la transformation du savoir diffusé par la communauté scientifique en savoir à enseigner à l'école (Thouin, 2009).

²⁹ Le contrat didactique désigne l'ensemble des droits et responsabilités implicites et réciproques entre l'enseignant et l'adulte (Thouin, 2009).

commentaires constructifs de collègues ou d'adultes, est une bonne façon de limiter ces difficultés.

Pour les difficultés qui relèvent de la relation élève-savoir, celles liées à *la conception des démarches didactiques* concernent, entre autres, les SA proposées aux adultes. Les difficultés peuvent aller d'une SA trop facile ou trop difficile à un matériel de laboratoire ou d'atelier complexe ou difficile à trouver. « La meilleure façon d'éviter ces lacunes de conception est de procéder, si possible, à une mise à l'essai des problèmes avec d'autres enseignants ou avec quelques élèves et d'apporter ensuite les corrections et les améliorations qui s'imposent. » (Thouin, 2009, p. 392) Ce sont justement les objectifs de cette recherche développement. Pour les *difficultés liées aux conceptions fréquentes et aux obstacles épistémologiques*, les adultes n'arrivent pas en classe avec les mêmes visions du monde qui nous entoure. Pour certains, il se peut qu'il n'y ait pas de différence entre le rôle exercé par l'essence et celui de l'huile dans un moteur à combustion (objet technique analysé dans le cadre de la SA). Idéalement, l'enseignant en FGA doit prévoir des moments de rétroaction avec l'adulte afin d'identifier ces conceptions et d'en tenir compte dans son enseignement. Cependant, il s'agit d'un travail graduel qui est parfois difficile à réaliser en une seule SA. En ce qui concerne les *difficultés liées à la nouveauté des termes et des symboles*, il est normal pour un adulte d'avoir de la difficulté avec des termes ou symboles inconnus de son quotidien. Un mot ou un symbole nouveau peut devoir être lu ou utilisé des dizaines de fois avant d'être assimilé (Thouin, 2009). Revenir plusieurs fois sur les termes à utiliser ou offrir un aide-mémoire des principaux symboles à utiliser peut contribuer à pallier ces difficultés. En ce qui a trait aux *difficultés liées au niveau d'abstraction du contenu*, certains concepts comme l'énergie ou les traitements thermiques sont particulièrement abstraits. Pour faciliter leur compréhension, Thouin (2009) suggère d'appliquer une démarche progressive, soit de passer du concret au semi-concret, puis du semi-concret à l'abstrait. Par exemple, pour comprendre d'où provient la force liée aux mouvements dans un moteur, l'enseignant pourrait faire manipuler un vrai moteur (objet concret) à l'adulte afin qu'il s'approprie les différents mouvements des pièces. Ensuite, une vidéo ou une animation au ralenti (objet semi-concret) de la

combustion des gaz et du mouvement des pièces sera probablement plus simple à comprendre. Finalement, un schéma de principe en deux dimensions, assez abstrait, pourrait être mieux compris par l'adulte.

Les difficultés liées à la lecture, aux mathématiques, aux peurs des élèves et à la religion et à la culture sont traitées à part des autres puisqu'elles « ne relèvent pas directement d'un des secteurs du triangle didactique. » (Thouin, 2009, p. 393) Étant donné qu'une part importante des adultes à la FGA est perçue comme des élèves à risque (Rousseau *et al.*, 2010), ces difficultés sont non négligeables et doivent absolument être prises en compte dans l'élaboration d'une SA. Un enseignant de sciences et technologie à la FGA peut, comme tous ses collègues, travailler les stratégies de lecture avec les adultes en formation, les aidant du même coup dans leur cours et dans leur cheminement scolaire. Il en va de même pour les habiletés en mathématiques. Pour ce qui est des peurs des adultes, il faudra parfois vivre avec certaines limites et adapter l'enseignement. Un processus de désensibilisation systématique³⁰ peut également être amorcé en collaboration avec le personnel professionnel du centre, surtout dans le cas où ces peurs nuiraient au cheminement et à la réussite de l'adulte. Pour ce qui est des difficultés liées à la religion et à la culture, il faut garder en tête que l'enseignement des sciences et de la technologie vise, entre autres, le développement de l'esprit critique. La diplomatie est de mise dans ce genre de situation, puisque la confrontation sera sans doute inutile ou nuisible aux apprentissages.

Voici un résumé des difficultés d'enseignement et d'apprentissage en sciences et technologie dans le tableau 5.

³⁰ Procédure qui consiste à donner l'information sur les dangers réels et imaginaires de l'action à poser ou du phénomène à étudier, puis à rapprocher graduellement l'adulte des stimuli qui lui font peur (Thouin, 2009).

Tableau 5. Difficultés d'enseignement et d'apprentissage en sciences et technologie

Tiré de Thouin (2009, p. 389)

Les difficultés qui relèvent...		
de la relation enseignant-savoir	de la relation enseignant-élève	de la relation élève-savoir
Difficultés liées à une mauvaise transposition didactique	Difficultés liées au contrat didactique	Difficultés liées à la conception des démarches didactiques
Difficultés liées aux obstacles didactiques	Difficultés liées aux écarts aux démarches attendues	Difficultés liées aux conceptions fréquentes et aux obstacles épistémologiques
	Difficultés liées à la compréhension des consignes	Difficultés liées à la nouveauté des termes et des symboles
		Difficultés liées au niveau d'abstraction du contenu
Les autres difficultés		
Difficultés liées à la lecture		
Difficultés liées aux mathématiques		
Difficultés liées aux peurs des élèves		
Difficultés liées à la religion et à la culture		

À la suite de la planification ou de la mise à l'essai de la SA en classe, les enseignants-participants décrivent les obstacles et difficultés vécus et les solutions proposées dans le but d'améliorer la SA. Suivant la collecte et l'analyse de ces données, j'améliore la SA et enrichis le guide de l'enseignant. D'une part, les obstacles et difficultés liés à l'enseignement ou à l'apprentissage que je ne souhaite pas mettre sur le chemin des adultes

sont, lorsque possible, enlevés. D'autre part, certains obstacles – ceux volontairement placés sur le chemin des adultes pour qu'ils les surmontent – sont maintenus et justifiés dans le guide de l'enseignant, afin de mieux préparer les prochains enseignants qui utiliseront la SA. Finalement, certaines solutions sont intégrées à la SA ou proposées comme pistes de différenciation dans le guide l'enseignant. Dans la prochaine section, j'élabore davantage les aspects méthodologiques et analytiques de ma recherche.

3. Méthodologie

Dans ce chapitre, les orientations méthodologiques et analytiques retenues dans le cadre de cette recherche sont présentées. J'aborde plus précisément mon approche de la recherche et ma posture de chercheur, le type de recherche privilégié, les participants, les outils de collecte des données ainsi que le traitement, puis l'analyse de ces données, afin d'offrir un portrait détaillé de la démarche employée pour réaliser cette recherche. Bien que la démarche de recherche présentée semble constituer une suite d'étapes logiques, elle est avant tout une démarche itérative avec des va-et-vient constants entre les résultats, l'idée de développement, le référentiel et l'objet de développement (Harvey et Loisel, 2009).

3.1. Approche de la recherche et posture du chercheur

Mon approche et mon contexte de recherche concordent bien avec ce que Paillé et Mucchielli (2010) nomment la « recherche qualitative de terrain » (p. 9), recherche qui implique un contact avec les participants dans le milieu. Elle est également qualitative par la manière dont les données sont recueillies et analysées et dans la façon naturelle dont la recherche est menée, près des participants, et qui vise la compréhension et l'interprétation des pratiques (Paillé et Mucchielli, 2010).

Ma démarche de recherche s'inscrit dans une posture interprétative puisqu'une volonté de comprendre les besoins du milieu existe et un désir de développer une SA rattachée au contexte particulier de la FGA est présent. Savoie-Zajc (2004) mentionne en ce sens qu'une « démarche de recherche qualitative/interprétative se moule à la réalité des répondants » (p. 125) Mon but est justement de développer une SA qui tient compte des besoins et du contexte réel des enseignants. Cette idée est compatible avec l'approche interprétative privilégiée par Loisel et Harvey (2007), qui sous-tend leur modèle de recherche développement (2009). Cette approche interprétative « mettra davantage en lumière les réflexions dans l'action et les perceptions des acteurs de l'expérience de

recherche développement. » (Loiselle et Harvey, 2007, p. 48) Pour eux, cette approche soutient davantage l'objet de développement et l'émergence de principes issus de ce développement que d'autres approches. De plus, puisque les données recueillies et analysées font état des réflexions dans l'action des participants, le volet mise à l'essai de la SA peut également s'apparenter au courant interprétatif (Loiselle et Harvey, 2007). Finalement, comme le propose Savoie-Zajc (2004) dans sa démarche générale d'une recherche qualitative/interprétative, une approche inductive est mise de l'avant pour effectuer une analyse graduelle des données et pour favoriser l'émergence de sens. Il s'agit d'une caractéristique importante d'un design de recherche au caractère émergent.

En somme, comme Loiselle et Harvey (2007) le suggèrent, j'inscris ma recherche dans une approche interprétative, qualitative et inductive. Cette approche est souhaitable puisque les solutions de développement de la SA sont multiples, les besoins des enseignants variables et le contexte de la FGA particulier. De plus, l'objectif que je poursuis en est un de fonctionnalité et non de vérité, car je ne veux pas généraliser les résultats de la recherche. Je veux plutôt utiliser et offrir une SA de qualité et adaptée au contexte de la FGA, d'où le type d'approche choisie.

Dans un autre ordre d'idées, il m'apparaît important de présenter ma posture professionnelle relative à l'objet de développement lui-même, la SA. Lors de son élaboration, un souci particulier a été porté au respect des orientations ministérielles contenues dans l'introduction générale aux programmes d'études (MEESR, 2015) et dans le programme d'études lui-même (MEES, 2018b). En effet, la SA s'inscrit dans la famille de SA *Expertise* et propose une des démarches d'investigation prescrites dans le programme d'études. Elle développe et mobilise également toutes les composantes concernées de la compétence disciplinaires 2 en plus de toucher à plusieurs concepts scientifiques et technologiques prescrits. D'un point de vue théorique, pour développer ma SA, je me suis également appuyé sur le cadre théorique du curriculum de la formation générale de base de la FGA dans lequel on mentionne que le « socioconstructivisme a servi de cadre de référence pour l'élaboration des programmes de la formation générale

de base des jeunes. La réforme curriculaire de la FGA s'inscrit dans ce même cadre comme paradigme épistémologique, tout en retenant des éléments des conceptions cognitiviste et constructiviste. » (MELS, 2005, p. 12) En ce qui concerne la conception de l'enseignement et de l'apprentissage dont témoigne la SA, notons l'établissement de liens entre les nouvelles informations et les connaissances antérieures issues du cognitivisme et le rôle de metteur en scène ou de guide pour l'enseignant, plaçant l'adulte au centre de ses apprentissages dans le rôle de l'acteur, issu du constructivisme. D'un point de vue pratique, ces éléments ont été intégrés dans la SA sous forme de démarche ou de questions aux adultes et, dans le guide de l'enseignant, sous forme de conseils et de précisions concernant l'approche pédagogique à la base de la SA.

En bref, ces références professionnelles ont inspiré l'élaboration de la SA autant que le Référentiel présenté au chapitre 2. Il m'apparaît également important de consulter les enseignants de la FGA afin de tenir compte de leur contexte spécifique, puisque comme le mentionne le Ministère dans le PFEQ (2007c), « s'il appartient au Ministère de fixer les orientations du système éducatif, il revient aux intervenants scolaires d'en définir les modalités de mise en œuvre. » (p. 17)

3.2. Type de recherche

Ma recherche consiste à mettre à l'essai auprès d'enseignants de la FGA et à améliorer une SA dans le cadre du cours de la quatrième secondaire La mécanisation du travail. Ce type de recherche est défini par Thouin (2014) comme étant une recherche de développement. Selon cet auteur, ce type de recherche « consiste à concevoir, à mettre à l'essai et à améliorer une séquence didactique [...] ou tout autre matériel didactique au sens large du terme. » (p. 74-75) Il ajoute aussi que c'est « l'un des types de recherche les plus importants en didactique. » (p. 74) Loiselle et Harvey (2007) utilisent plutôt l'expression recherche développement et définissent ce type de recherche comme « l'analyse du processus de développement de l'objet (matériel pédagogique, stratégies, modèles, programmes) incluant la conception, la réalisation et les mises à l'essai de

l'objet » (p. 44). Une place importante est accordée aux données recueillies pendant la démarche de recherche. Ces données, ainsi que le Référentiel en lien avec l'objet de développement, permettent d'améliorer l'objet.

Ma recherche s'inscrit dans cette vision de Loisel et Harvey (2007) et s'appuie sur le modèle de recherche développement (RD) de Harvey et Loisel (2009), lequel est inspiré de celui de Nonnon (1993). Ce modèle de RD de Harvey et Loisel (2009) permet la prise en compte du caractère imprévisible du développement et de la mise à l'essai d'un matériel didactique. Le choix de ce modèle s'appuie sur quatre raisons principales : c'est un modèle synthèse intégrant plusieurs caractéristiques essentielles de modèles existants³¹, il tient compte d'éléments³² liés à la pédagogie et à l'andragogie, il peut s'adapter aux contextes d'utilisation et il décrit les phases et les étapes afin de baliser le travail du chercheur (Harvey et Loisel, 2009). De plus, ce type de recherche met l'accent sur le processus de création d'une SA et ce dernier est envisagé comme « occup[ant] une place importante dans l'activité éducative. » (Loisel et Harvey, 2007, p. 41) Plusieurs décisions sont prises pendant la période d'amélioration de la SA en fonction des différentes interactions avec les participants à la recherche. Dans ma RD, je suis à la fois impliqué dans l'activité de développement et dans l'analyse de ces activités. En somme, ma recherche « ne visera pas uniquement à développer un objet ayant une valeur pédagogique, mais voudra aussi rendre compte de l'expérience de développement dans toutes ses facettes. » (Loisel et Harvey, 2007, p. 44)

On retrouve cinq phases principales dans ce modèle de RD de Harvey et Loisel (2009), dans lesquelles sont listées des étapes, tel qu'illustré dans la figure 3.

³¹ Ce modèle intègre entre autres des caractéristiques des modèles de Nonnon (1993), de Cervera (1997) et de Van der Maren (2003).

³² Les particularités du domaine d'apprentissage, les approches pédagogiques et stratégies d'apprentissage privilégiées et les caractéristiques du public ciblé sont des exemples d'éléments liés à la pédagogie et à l'andragogie.

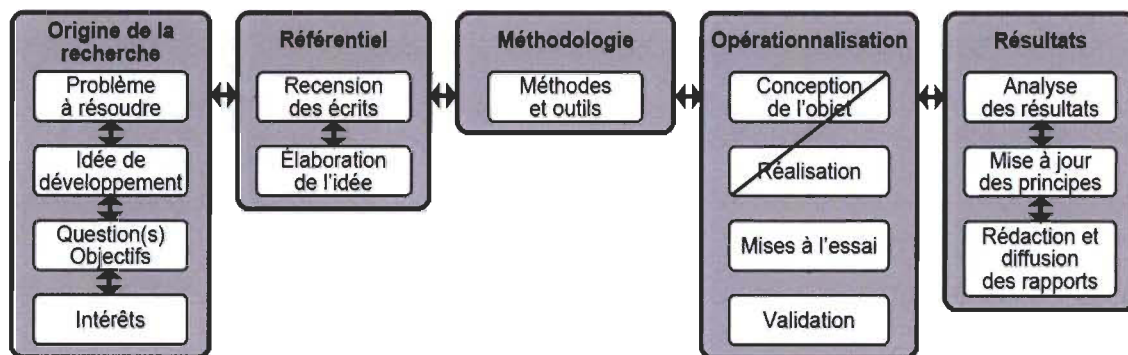


Figure 3. Adaptation du modèle de RD en éducation de Harvey et Loiselle (2009)

Voici maintenant une description des différentes phases de ce modèle ainsi que les modifications apportées à certaines étapes, tel qu'illustré à la figure 3. Il est nécessaire de mentionner l'ajout de flèches à double sens au schéma original afin d'illustrer le caractère itératif de ma démarche de RD. De plus, les étapes de Conception de l'objet et de Réalisation sont rayées, puisque ces étapes ont été réalisées dans le cadre de mes fonctions professionnelles. Ces étapes sont toutefois décrites dans le chapitre 4 de ce mémoire, Opérationnalisation.

La phase *Origine de recherche* consiste à présenter l'idée de développement (choix de l'objet à développer et justification de ce choix) et à formuler la question et les objectifs de la recherche. Il est également important d'y préciser la pertinence scientifique et pratique de la recherche. Le chapitre du mémoire consacré à l'Origine de la recherche remplace le chapitre de problématique, puisque la recherche peut naître d'un problème à résoudre, mais aussi d'une idée de développement (Harvey et Loiselle, 2009).

La phase *Référentiel* vient « positionner les différentes théories existantes sur le sujet de recherche » (Harvey et Loiselle, 2009, p. 111), de manière semblable au cadre théorique ou conceptuel. Ce Référentiel sert d'appui aux décisions prises dans le développement de la SA. Dans le modèle original, c'est dans cette phase que des éléments liés à la pédagogie ou à l'andragogie, comme l'approche utilisée, sont présentés. Pour ma part, plusieurs de ces éléments font partie du problème et sont détaillés à la section 1.3 de ce mémoire. C'est

pourquoi le Référentiel s'est construit autour des objectifs de la recherche (documenter les obstacles ou difficultés et améliorer la SA) et des concepts associés à la SA (DIS).

La phase *Méthodologie* permet de sélectionner les outils de collecte et d'analyse de données, en plus d'offrir des renseignements sur la position du chercheur et les participants à la recherche. En outre, les considérations éthiques sont présentées.

La phase *Opérationnalisation* sert à orienter la conception, la réalisation, les mises à l'essai et le développement de l'objet. Puisque la conception et la réalisation de la SA étaient déjà faites au moment de commencer ma recherche et qu'aucune donnée n'a été collectée à ce moment, elles ont été rayées sur la figure 3 du modèle de RD. Néanmoins, ces étapes et leurs fondements sont détaillés dans le chapitre consacré à cette phase en ajoutant le contexte dans lequel elles ont été réalisées. De plus, le choix et la description des mises à l'essai sont présentés, précisant du même coup des éléments déjà mentionnés dans le chapitre consacré à la phase *Méthodologie*. Finalement, contrairement au modèle de Harvey et Loiselle (2009), l'étape *Validation* est réalisée auprès de didacticiens des sciences et de la technologie³³, et non pas auprès du public cible de la SA.

La phase *Résultats* de cette recherche me permet de faire « la synthèse des analyses de données réalisées en cours de route. Cette analyse contribue à expliciter, à étayer et à nuancer les décisions prises lors de la réalisation. » (Harvey et Loiselle, 2009, p. 113) Dans ma recherche, seule cette première étape d'Analyse des résultats constitue la phase *Résultats*, puisqu'un nombre élevé de décisions sont prises dans le développement de la SA.

Dans le cadre de ce mémoire de recherche, j'ai décidé d'inclure l'étape de Mise à jour des principes de la phase *Résultats* dans mon chapitre *Discussion*. Ce choix s'explique par mon besoin d'isoler la section de l'analyse des résultats, déjà très dense. Ainsi, je favorise l'interrelation des thèmes et sous-thèmes entre eux dans le chapitre *Discussion*, mais aussi

³³ Ghislain Samson et Audrey Groleau, respectivement directeur et codirectrice de ma recherche, ont validé la SA améliorée. Cependant, cette recherche vise la mise à l'essai de la SA par des enseignants de la FGA. Pour cette raison, les résultats de cette validation n'apparaissent pas dans la section résultats.

l'interrelation des principes émergeant de ma recherche avec le corpus de connaissances scientifiques. Quelques recommandations sont également formulées pour le développement de SA à la FGA au regard de mon expérience vécue comme chercheur-développeur et des résultats de la recherche.

En somme, la présente recherche développement concentre sa collecte de données sur la mise à l'essai de la SA avec des enseignants de la FGA « dans le but d'améliorer le produit à la lumière de l'expérience vécue par les participants » (Harvey et Loiselle, 2009, p. 113).

3.3. Participants

Au départ, quatre enseignants de sciences et technologie à la FGA devaient participer à la recherche développement. J'explique à la section suivante les raisons qui m'ont amené à finalement inclure sept participants à la recherche.

Ces sept enseignants, en provenance de quatre commissions scolaires du Québec, ont été sélectionnés de façon non probabiliste selon la méthode d'échantillonnage par critères (Patton, 1990), afin que la connaissance des nouveaux cours ne soit pas un obstacle à leur participation et que les résultats soient les plus pertinents possible.

Voici les quatre critères qui guident le choix des participants : l'enseignant considère qu'il a une bonne connaissance du nouveau cours, il accepte de donner le cours³⁴, il accepte d'utiliser la SA à l'étude et il accepte de participer à la recherche.

Il est à noter que je n'ai pas évalué explicitement le premier critère et que la connaissance du nouveau cours du participant a évolué positivement pendant la recherche.

Cette méthode d'échantillonnage est similaire à celle proposée par Fortin et Gagnon (2016), soit l'échantillonnage intentionnel, qui repose elle aussi sur l'établissement de critères précis afin de sélectionner des participants qui offrent une bonne représentativité du phénomène à l'étude. Selon ces mêmes auteurs, afin de trouver des participants, il est

³⁴ L'implantation obligatoire de ce nouveau cours est prévue pour le 1^{er} juillet 2019.

commun de publier des annonces dans des publications internes, ce que j'ai réalisé. En effet, une annonce a été insérée dans les infolettres de l'AQIFGA et de Carrefour FGA, en plus d'être publiée dans un forum national fréquenté par plus de mille enseignants de la FGA. De plus, la recherche, ses objectifs et son besoin de participants ont été présentés dans trois ateliers lors de congrès d'envergure, soit la rencontre des gestionnaires et des responsables du soutien pédagogique en janvier 2017, le congrès de l'AQIFGA en avril 2017 et la Journée pédagogique montérégienne en avril 2017. Ces démarches ont mené au recrutement d'un seul participant, mais ont permis au projet de se faire connaître. Par la suite, j'ai contacté directement trois autres enseignants répondant aux critères et ces derniers ont accepté de participer à la recherche. Finalement, en raison de la situation décrite dans la section suivante, trois autres candidats ont été trouvés par contact direct avec des enseignants impliqués dans la mise en œuvre du Renouveau pédagogique dans leur CFGA, portant à sept le nombre de participants, ce qui s'est avéré suffisant afin d'atteindre une saturation des données, c'est-à-dire un point de redondance où les « réponses deviennent répétitives et qu'aucune nouvelle information ne s'ajoute. » (Fortin et Gagnon, 2016, p. 278)

3.4. Modifications à la méthodologie au cours de la recherche

Cette recherche prévoyait initialement une collecte des données pendant l'année scolaire 2015-2016 ou 2016-2017, puisque la fin du projet des FAR prévu à ce moment concordait normalement avec l'implantation du nouveau curriculum à la FGA. À l'hiver 2017, le réseau de la FGA apprenait finalement que l'implantation obligatoire du nouveau curriculum aurait lieu à la rentrée scolaire de l'année 2018-2019 et que l'année scolaire 2017-2018 allait être une année de transition. Cette année de transition offrait donc un contexte favorable à des mises à l'essai de cours avec quelques adultes dans les CFGA avant une implantation obligatoire pour tous. Cependant, une annonce ministérielle oblige une modification majeure au programme Science et technologie : les cours de la troisième secondaire sont combinés et réécrits afin de plutôt offrir deux cours optionnels de la quatrième secondaire nommés Science générale. Cette réécriture du programme provoque

le report de l'implantation obligatoire à la rentrée de l'année scolaire 2019-2020 et, du même coup, l'année de transition en 2018-2019. Avec ce report, plusieurs équipes d'enseignants des CFGA mettent de côté le programme Science et technologie pour se concentrer sur ceux de Chimie et de Physique devant être implantés un an plus tôt. Au final, un autre report a eu lieu à l'été 2018 pour Chimie et Physique, obligeant les enseignants à implanter obligatoirement tous les cours en même temps.

Dans ce contexte de réécriture du programme et de reports d'implantation, il était donc très difficile de recruter des participants, puisque je voulais que les enseignants et les adultes qui mettent à l'essai la SA le fassent dans le cadre réel du cours SCT-4063 du nouveau curriculum. Je ne voulais pas réaliser une mise à l'essai avec des adultes inscrits dans les cours de Sciences physiques 436, puisque les apprentissages réalisés ne pouvaient pas être réinvestis dans leur cursus scolaire de la FGA. La figure suivante présente la méthodologie initialement prévue avec quatre participants offrant le cours et utilisant la SA en classe.

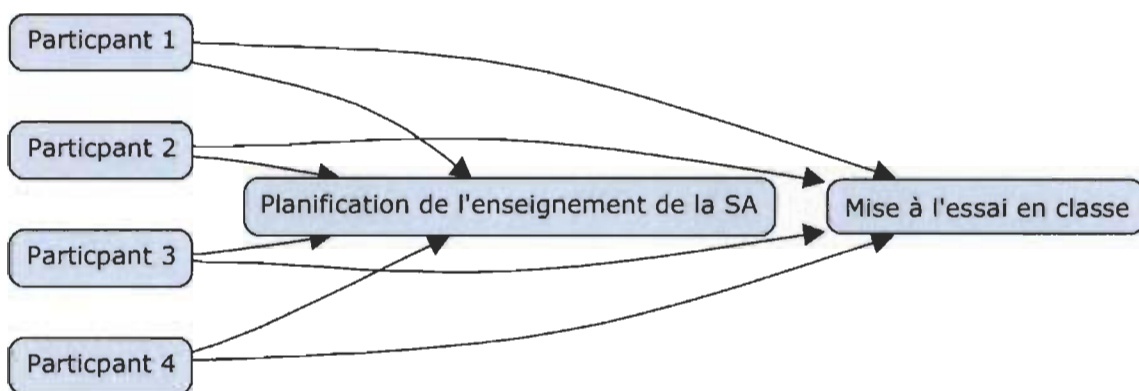


Figure 4. Méthodologie prévue en fonction de quatre participants

Au final, un seul des quatre participants initialement recrutés s'est dit prêt à mettre à l'essai la SA en classe et donc à enseigner complètement le cours SCT-4063 à un adulte volontaire qui avait ce cours ou un équivalent à son profil de formation. Malgré tout, les trois autres participants étaient toujours volontaires pour la première partie de la

recherche, soit la planification de l'enseignement de la SA et l'entretien de recherche lié à cette étape.

En raison de la durée maximale des études de cycles supérieurs, il était impossible pour moi de retarder davantage ma collecte de données. J'ai alors modifié la méthodologie de ma recherche. J'ai recruté trois participants supplémentaires, toujours selon les mêmes critères, sauf celui de donner le cours, afin de compléter mon échantillonnage et de mener à terme ma RD. Les entretiens de recherche prévus à la suite des mises à l'essai sont donc remplacés par des entretiens de recherche avec de nouveaux participants et seulement liés à la planification de l'enseignement de la SA. La figure 6 présente les sept participants ainsi que les entretiens de recherche auxquels ils ont collaboré.

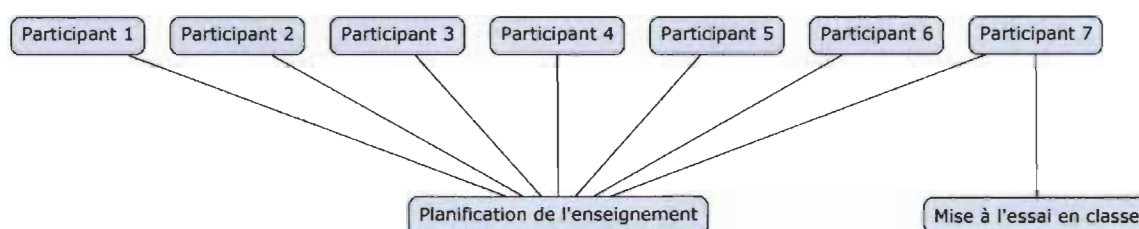


Figure 5. Méthodologie définitive en fonction des sept participants

Bien qu'une partie importante de la mise à l'essai ait dû être abandonnée, je considère que l'ajout de ces trois participants offre tout de même une perspective de recherche intéressante. Je peux compter sur un total de sept enseignants d'expérience œuvrant à la FGA depuis, en moyenne, plus de 18 ans. Ces différents points de vue sur la SA enrichissent la nature et la qualité des données recueillies.

En somme, bien que la méthodologie ait dû être modifiée en cours de recherche à la suite d'événements hors de mon contrôle, je crois que les objectifs de la recherche, qui sont de documenter les obstacles et difficultés liés à l'enseignement et à l'apprentissage identifiés par des enseignants, de documenter les solutions proposées par des enseignants et d'améliorer la SA à la lumière des obstacles, difficultés et solutions, sont atteignables. En effet, la SA est analysée et commentée à sept reprises et mise à l'essai en classe avec un enseignant. Même si le nombre d'adultes vivant la SA est moins élevé que prévu, elle peut

tout de même être améliorée avec la méthodologie définitive présentée. Je tiendrai compte dans l'analyse des résultats que les obstacles, difficultés et les solutions proposées s'appuient davantage sur l'expérience des enseignants que sur les résultats d'une mise à l'essai avec un ou des adultes.

3.5. Outils de collecte de données

Des entretiens semi-dirigés, d'une durée moyenne de 75 minutes, ont été réalisés avec les participants avant et après (s'il y a lieu) la mise à l'essai systématique, dans le but de mieux comprendre les obstacles et difficultés liés à l'enseignement et à l'apprentissage qu'ils vivent ou prévoient dans l'utilisation de la SA et les solutions qu'ils envisagent. Cette façon de procéder respecte les propositions de Loiselle et Harvey (2007), qui suggèrent des entretiens ou des groupes de réflexion afin de « recueillir de l'information sur les perceptions des usagers face à leur expérience d'utilisation de l'outil. » (p. 49) Mon choix des entretiens semi-dirigés s'appuie également sur Kvale (1996), afin qu'ils offrent un moment aux participants pour qu'ils s'expriment sur ce qu'ils vivent. Avec des questions ouvertes comme *À la suite de la première lecture de la SA, quelles ont été vos premières réflexions?*, le participant peut parler librement et raconter comment il a vécu cette première lecture, pendant la planification de son enseignement. C'est dans cette expression spontanée du participant que l'étudiant-chercheur peut mieux comprendre ses idées. C'est aussi ce dernier qui définit et qui contrôle la situation de construction du dialogue avec, entre autres, des questions de relance comme *Pouvez-vous m'en dire davantage sur vos premières réactions à la suite de la lecture de la mise en situation?* et des thèmes spécifiques à aborder. Pour le deuxième entretien, d'autres questions comme *Quels ont été les obstacles didactiques vécus par l'adulte en cours d'apprentissage?* peuvent aider à atteindre les objectifs de cette recherche. Le canevas des entretiens semi-dirigés apparaît à l'Appendice A. Finalement, les propos des participants, enregistrés en format audio puis transcrits, ont été interprétés par l'étudiant-chercheur afin de répondre aux objectifs de la recherche.

Comme le proposent Loïse et Harvey (2007), un autre outil de collecte de données a été présenté aux participants, soit le journal de bord pendant la mise à l'essai, afin de rédiger des notes personnelles sur leur expérience. Cependant, aucun des participants n'a utilisé cet outil. En effet, le seul participant ayant complété la mise à l'essai en classe avec un adulte n'a pas tenu de journal de bord. Les données de cette recherche se basent donc exclusivement sur les transcriptions des entretiens semi-dirigés des participants.

3.6. Traitement et analyse des données

Le traitement et l'analyse des données des entretiens s'inscrivent dans le modèle d'analyse thématique de Paillé et Mucchielli (2010), selon une approche qualitative. Certains thèmes centraux sont définis à l'avance comme celui d'*Obstacles ou difficultés d'origine didactiques*, alors que d'autres thèmes et sous-thèmes, comme les *Besoins préalables*, ont émergé des données lors de l'analyse. Le but est d'explorer si ces thèmes sont communs d'un participant à l'autre, mais surtout de voir comment ils se recoupent, se contredisent et se complètent. C'est l'étape de l'analyse des données où « il convient pour le chercheur de les interroger, de les comparer, de faire ressortir les convergences, les divergences, les fils conducteurs. » (Anadón et Savoie-Zajc, 2009, p. 2). La thématization se fait en continu, tout comme la construction de l'arbre thématique, qui n'est achevée qu'à la fin de la recherche. Cet arbre thématique prend les formes de schémas de concepts et de tableaux détaillés avec des extraits de verbatim. La thématization s'est faite à l'aide du logiciel QDA Miner©, version *Lite*, permettant ainsi de générer des rapports de thématization et de faciliter l'analyse. À la suite de la relecture de ces rapports, des thèmes ont été fusionnés à d'autres thèmes ou sous-thèmes semblables. Ensuite, ces résultats ont été classés selon que les modifications proposées par les participants s'appliquent à la SA ou au guide de l'enseignant. Les choix didactiques et pédagogiques appliqués à la SA et au guide de l'enseignant s'inspirent notamment du cadre théorique, mais surtout des réflexions et des actions des participants, avec, néanmoins, la réflexion du chercheur toujours présente. Donc, conformément à l'approche inductive privilégiée, « le cadre théorique n'a pas préséance sur les données issues de l'analyse de l'expérience. » (Loïse)

et Harvey, 2007, p. 50) De plus, des extraits de verbatim ont été choisis en fonction de la clarté de leurs propos afin d'être ajoutés au chapitre Résultats pour illustrer et justifier les choix didactiques et pédagogiques concernant les versions finales de la SA et du guide de l'enseignant.

3.7. Considérations éthiques

Certaines considérations d'ordre éthique ont été prises en compte dans ce projet de recherche, malgré l'absence de risques majeurs concernant le bien-être des participants. Une demande d'approbation éthique a été déposée au Comité d'éthique de la recherche avec des êtres humains de l'Université du Québec à Trois-Rivières. Cependant, puisque mon projet de recherche concerne l'évaluation et l'amélioration d'un produit, le comité a jugé que mes activités ne relevaient pas de ses compétences.

Néanmoins, j'ai tout de même appliqué plusieurs considérations d'ordre éthique afin de réduire les risques potentiels et les désagréments liés à la collecte de données. Par exemple, les participants étaient totalement libres de participer à la recherche et pouvaient se retirer en tout temps. À l'écrit comme à l'oral, les participants ont été informés des objectifs de la recherche, des méthodes de collecte des données, du temps nécessaire à investir et des retombées éventuelles de la recherche. De plus, l'anonymat des participants et de leurs informations est également respecté par l'utilisation de pseudonymes. L'accès aux données anonymisées est possible pour le chercheur principal seulement, sur un ordinateur muni d'un mot de passe. Finalement, les données cryptées et conservées sur un support amovible seront détruites en 2022.

4. Opérationnalisation

Cette section fait état de l'opérationnalisation de la démarche de RD. Cette phase de la recherche consiste en l'articulation entre la conception, la réalisation et les différentes mises à l'essai de l'objet de développement (Harvey et Loisel, 2009). La conception réfère à la création du cadre théorique sous-jacent à la SA alors que la réalisation vise plutôt l'élaboration de cette dernière. Les mises à l'essai empirique et systématique sont également décrites.

Une partie de cette démarche, soit la conception et la réalisation, a été effectuée dans le cadre de mes fonctions professionnelles, alors que j'agissais à titre de formateur-accompagnateur (FAR) pour la région du Centre-du-Québec. C'est donc dire que j'avais plutôt un rôle d'enseignant-développeur à ce moment.

Afin de bien situer le lecteur ou la lectrice, la conception et la réalisation sont tout de même décrites dans cette section, mais aucun résultat de recherche n'y est associé dans la section Résultats. Comme mentionné dans le chapitre Méthodologie, la collecte de données s'est concentrée sur les différentes mises à l'essai de la SA dans le but d'améliorer cette dernière. Le chapitre Opérationnalisation se termine par une courte description de la validation de l'objet de développement, conformément au modèle de RD de Harvey et Loisel (2009).

4.1. Objet de développement

La SA, qui consiste en l'objet de développement dans le cadre de cette recherche³⁵, a été conçue comme étant un matériel didactique dédié spécifiquement à la FGA, donc adaptée à son contexte particulier. Elle s'appuie sur une DAT et s'accompagne de plusieurs

³⁵ La SA a été conçue et publiée antérieurement à cette recherche. Mon projet consiste à la mettre à l'essai et à la développer en fonction des résultats obtenus auprès des participants.

ressources afin de favoriser le développement des compétences et des connaissances de l'adulte.

4.1.1. Contexte de la conception de la SA

Les directions des CFGA de la région du Centre-du-Québec et moi avons déposé et obtenu une demande de subvention auprès du ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation, afin de libérer, à différents degrés, seize enseignants des régions de la Mauricie et du Centre-du-Québec. Leur mandat consistait en la conception et la réalisation de situations d'apprentissage pour la FGA. Ils commentaient également le travail de leurs collègues afin d'améliorer les SA produites dans le cadre de ce projet spécial. À la fin du projet, ces SA ont été déposées sur la plateforme de partage Alexandrie FGA³⁶, les rendant accessibles à tous les enseignants de la FGA. C'est donc dans un contexte collaboratif et facilité par des libérations totalisant environ six jours de travail par enseignant que j'ai réalisé la SA et qu'elle a été commentée par divers collaborateurs.

4.1.2. Collaborateurs et partenaires

Pendant les six jours de travail intensifs sur la SA, quelques collègues enseignants ont collaboré et m'ont soutenu à des moments précis dans l'élaboration de la SA. De plus, certains partenaires externes ont également contribué à leur façon à la réalisation de la SA.

Premièrement, quelques collègues enseignants de la FGA m'ont aidé à améliorer la SA et à bâtir la clé de correction pendant deux jours : Martin Lahaie, Nancy Lemieux et Briac Tourenne-Rembry. En retour, ils ont pu améliorer leurs connaissances entourant la SA et le cours La mécanisation du travail, cours qu'ils n'enseignaient pas encore. Ils ont été de précieux collaborateurs.

Deuxièmement, deux conseillères pédagogiques ont été présentes durant quatre jours. Vanessa Boily est responsable du projet Alexandrie FGA et offre de la formation continue

³⁶ La SA de la présente RD est disponible, en version originale, à l'adresse suivante : http://www2.carrefourfga.com/alexandrie/nouveau/ressource_detail.php?idRessource=2355

sur la création de SA et Pauline Lalancette est collaboratrice au projet Alexandrie FGA et experte-matière en sciences et technologie. Elles m'ont conseillé à leur façon.

Troisièmement, un enseignant de la région du Centre-du-Québec à la FGJ, Éric Thibault, a été présent pendant les quatre premiers jours. Étant reconnu dans son milieu pour son leadership dans le cours Applications technologiques et scientifiques de la quatrième secondaire, il avait été invité en tant qu'expert-matière et enseignant d'expérience.

Finalement, une didacticienne des sciences et de la technologie à l'UQTR, Audrey Groleau, était également présente la deuxième des six journées afin de supporter les équipes de travail. Ses connaissances du programme d'études et des différentes démarches d'investigation ont été un atout.

En bref, tous ces collaborateurs et partenaires externes ont aidé, à leur façon, à la conception et à la réalisation de la version originale de la SA créée dans le cadre de mes fonctions professionnelles.

4.1.3. Conception et fondements

La SA que j'ai réalisée est en phase avec les prescriptions ministérielles du nouveau programme d'études Science et technologie (MEES, 2018b). Elle s'inscrit dans la famille Expertise et développe la compétence disciplinaire deux. La démarche d'investigation soutenant la SA en est une d'analyse technologique. Les différentes tâches ont été élaborées en s'inspirant de la DAT, mais également des composantes et sous-composantes de la compétence disciplinaire deux. Ces sous-composantes ont favorisé l'émergence de questions d'analyse présentes dans différents attributs (étapes) de la DAT. De plus, l'ouverture, la complexité et la signifiante de la SA pour un adulte en formation sont des caractéristiques que l'on peut attribuer à la SA. Le choix du mécanisme à analyser et du format de la production finale symbolisent bien l'ouverture de la SA. La complexité de la SA est bien évoquée par la démarche complète d'analyse technologique proposée et le nombre élevé de concepts et techniques mobilisés par l'adulte lors de sa production finale. L'utilisation d'un objet technologique du quotidien, un moteur à quatre temps, présent

partout dans le monde et évoluant au même rythme que la société, tend à rendre la SA plus signifiante pour l'adulte.

Par ailleurs, la mise en contexte, la problématique et la production finale attendue sont trois éléments essentiels d'une SA (Lamoureux, Boily, et Coulombe, 2015). La mise en contexte est présentée au début de la SA et traite des moteurs de tondeuse et des autres moteurs à essence qui nous entourent, comme ceux des voitures, puisque l'objet technologique à analyser dans la SA est justement un moteur à quatre temps d'une tondeuse à gazon. La problématique suit la mise en contexte et amène l'adulte à mieux comprendre les moteurs en accomplissant la tâche d'analyser un mécanisme d'un moteur à quatre temps. La production finale attendue de la part de l'adulte est de répondre à une question complexe d'analyse technologique de son mécanisme. Cette réponse peut être présentée sous la forme de son choix et constitue la production finale de son projet d'analyse technologique. Par la présence de cette production finale créée par l'adulte, de l'utilisation possible des technologies de l'information et de la communication (TIC), d'un problème ou défi de départ, d'un engagement de l'adulte dans un processus d'investigation et de la collaboration entre l'adulte, l'enseignant et le technicien en travaux pratiques (TTP), on peut affirmer que cette SA possède les principales caractéristiques de l'enseignement par projet (Hasni, Bousadra, et Marcos, 2011), qui est une des façons de mettre en œuvre le nouveau curriculum à la FGA.

En bref, tous ces éléments sous-tendent la SA et lui donnent sa forme et son contenu. La version originale de la SA (cahier de l'adulte) apparaît à l'Appendice B.

4.1.4. Description

La SA s'accompagne de plusieurs documents destinés à l'adulte ou à l'enseignant. Voici une courte description de chacun des documents.

Le cahier de l'adulte constitue la SA en soi. C'est ce qui est remis à l'adulte, en format papier ou électronique, et qui le guidera dans son apprentissage. Elle débute par la mise en contexte (mise en situation) et se poursuit avec les cinq grands attributs de la démarche

d'investigation reformulés au goût de l'auteur pour être plus clairs pour les adultes : Définir le défi à relever, Énoncer ses idées initiales, Élaborer un plan d'action, Vérifier ses idées en réalisant une analyse technologique et Tirer des conclusions. Un retour réflexif clôt la SA dans la dernière section.

Le guide de l'enseignant offre un support à ce dernier dans l'administration de la SA en classe. En plus de certaines informations en lien avec le programme d'études ou la durée de la SA, on y retrouve plusieurs informations intéressantes à propos du matériel nécessaire et des commentaires associés à chaque section du cahier de l'adulte. Tous ces renseignements ont pour but d'aider l'enseignant dans l'utilisation de la SA avec un adulte en classe.

Une clé de correction offre des pistes de solution à l'enseignant ou à l'adulte qui la consulte en fonction des différents mécanismes analysés. Par exemple, les schémas de trois mécanismes différents s'y trouvent. Ce document peut aussi être utile pour les adultes pour s'autoévaluer.

Des références du Centre de développement pédagogique³⁷ sont également proposées aux enseignants et aux adultes. Plusieurs concepts ou techniques y sont bien expliqués et illustrés avec des exemples concrets.

Finalement, un guide de démontage et de remontage d'un moteur *Briggs and Stratton* à quatre temps est également fourni à l'adulte. Le but de la SA n'est pas de découvrir comment démonter ou remonter un moteur. Ce guide illustré offre plutôt une séquence de démontage structuré et sécuritaire tout en posant quelques questions en lien avec des connaissances à construire dans le cours. La version de l'adulte lui offre de répondre à certaines de ces questions en lien direct avec le cours, alors que la version enseignante contient toutes les réponses aux questions. L'enseignant peut décider de fournir l'une ou l'autre de ces versions à l'adulte.

³⁷ Site Web disponible au <http://cdpsscience techno.org/>.

La SA est donc supportée par un ensemble de ressources permettant à l'adulte d'être structuré dans son démontage et autonome dans la correction de certaines questions. Ces ressources permettent également à l'enseignant d'en savoir plus sur la SA et ses fondements avant de l'utiliser en classe.

4.2. Mises à l'essai

Différentes mises à l'essai sont réalisées dans le cadre de cette RD. Ces mises à l'essai ont pour but de documenter des obstacles ou difficultés présents dans la SA et des solutions possibles pour l'améliorer, comme le mentionnent mes objectifs de recherche. À cette étape, mon rôle d'enseignant-développeur laisse sa place au rôle d'étudiant-chercheur afin de procéder à la collecte de données lors des mises à l'essai.

Ces dernières sont classées en deux catégories : mise à l'essai empirique ou systématique (Harvey et Loisel, 2009). Six participants ont vécu une mise à l'essai empirique et un participant a vécu les deux mises à l'essai. Voici quelques précisions à leur sujet. D'autres détails sont disponibles dans la section Méthodologie (chapitre 3). Les résultats des mises à l'essai et les décisions qui en découlent sont présentés dans le prochain chapitre.

4.2.1. Mise à l'essai empirique auprès des participants

Cette mise à l'essai consiste en la planification et la préparation de la SA par un participant à la RD, soit un enseignant de la FGA. Un premier contact a lieu entre le participant et moi afin d'expliquer la RD et de présenter les différents documents. Je réponds également aux questions du participant. Ce dernier bénéficie ensuite d'une certaine période de temps avant l'entretien de recherche afin de planifier son enseignement de la SA. En plus de consulter les différents documents de la SA, le participant recourt également au programme d'études, selon ses besoins. Ensuite, il identifie des obstacles ou difficultés qu'il repère dans la SA et propose des solutions directement dans la SA ou verbalement lors de l'entretien de recherche. Ce sont donc sept enseignants qui ont contribué, avec leur expertise de praticiens, à l'amélioration de la SA de cette façon.

4.2.2. Mise à l'essai systématique avec un adulte

La mise à l'essai systématique, pour le participant, suit la mise à l'essai empirique. C'est à ce moment qu'il utilise la SA en classe avec un adulte en fonction de sa planification. Il peut ainsi avoir une meilleure idée de la présence de certains obstacles ou difficultés identifiés ou non précédemment et découvrir de nouvelles solutions en vivant la SA en classe. Étant donné les éléments hors de mon contrôle mentionnés à la section 3.4, un seul des sept participant à la recherche s'est rendu au bout du processus et a vécu la mise à l'essai systématique.

4.3. Validation de l'objet de développement

Dans leur modèle de RD, Harvey et Loisel (2009) proposent une validation auprès de la population pour laquelle la SA a été produite. J'ai plutôt préféré nommer cette étape mise à l'essai systématique, puisqu'elle suivait la mise à l'essai empirique et que les participants à ma recherche sont des enseignants et non des adultes en formation. Pour cette RD, la validation de la version originale a plutôt été effectuée auprès de didacticiens des sciences et de la technologie, soit les codirecteurs de cette recherche. À la manière des participants, ils ont commenté la version originale de la SA et suggéré des améliorations, mais avec une posture externe au contexte particulier de la FGA. À la suite de cette validation et du processus régulier de publication d'Alexandrie FGA, la SA originale a été publiée sur leur plateforme le 28 juin 2016.

5. Résultats

Dans ce chapitre, l'analyse des données recueillies dans le cadre de cette recherche est présentée de façon détaillée et schématique. Cette collecte de données avait pour but de documenter les obstacles et les difficultés liés à l'enseignement et à l'apprentissage identifiés et les solutions proposées par les enseignants en vue d'améliorer la SA. Il n'y a pas de distinction dans la présentation des données des deux types de mises à l'essai, puisque l'objectif de la recherche est d'améliorer la SA et que la part des résultats liés à la mise à l'essai systématique était trop faible. C'est pourquoi la structure de ce chapitre s'appuie sur la thématisation des obstacles et des difficultés liés à l'enseignement et à l'apprentissage ainsi que des solutions proposées par les enseignants. Conformément au modèle de RD de Harvey et Loiselle (2009), les résultats « contribue[nt] à expliciter, à étayer et à nuancer les décisions prises » (p. 113) lors du développement de la SA. Les thèmes et sous-thèmes prévus ou émergents en lien avec un obstacle ou une difficulté de la SA sont présentés l'un à la suite de l'autre et appuyés d'extraits de verbatim. Lorsque cela est pertinent, des solutions proposées par les participants en lien avec le sous-thème sont également présentées. Une justification accompagne ces solutions afin d'expliquer pourquoi elles sont retenues dans la SA, incluses dans le guide de l'enseignant ou mises de côté. Cette présentation détaillée et linéaire permet de bien isoler chaque axe thématique issu de la thématisation en continu et d'interrelier des obstacles ou difficultés de la SA avec des solutions applicables (Paillé et Mucchielli, 2010). Deux arbres thématiques, sous forme de schémas, sont présentés à la fin du chapitre afin d'illustrer en un coup d'œil les différents axes thématiques des obstacles ou difficultés et des solutions pour la SA. Pour ce qui est des principes émergents de la recherche, cette étape est plutôt abordée dans le chapitre Discussion afin de mieux montrer les liens entre les résultats et d'alléger le présent chapitre.

Voici donc les thèmes et sous-thèmes liés aux obstacles et à leur origine selon Brousseau (1998) présentés en lien avec les principales solutions proposées par les participants.

Parfois, la typologie de Thouin (2009) est également utilisée afin de nuancer les sous-thèmes et d'apporter un éclairage différent aux résultats de cette recherche. La section 5.6 présente les autres solutions proposées par les participants qui ne sont pas directement en lien avec les obstacles ou difficultés relevés.

5.1. Obstacles d'origine ontogénique

Aucun thème en lien avec les obstacles d'origine ontogénique n'a émergé lors de l'analyse des données. Puisque la SA s'adresse à un public âgé de 16 ou plus³⁸ poursuivant une formation en quatrième secondaire, il n'est pas étonnant d'obtenir ce résultat. En effet, il est logique de croire qu'à partir de 16 ans, les apprenants n'ont pas de limitations (neurophysiologiques par exemple) liées à leur développement et que ce n'est pas ce type d'obstacle qui nuira à l'apprentissage.

5.2. Obstacles d'origine didactique

Les obstacles d'origine didactique peuvent résister aux efforts d'enseignement et sont introduits par le système éducatif ou par le processus d'enseignement lui-même. Par exemple, ils peuvent être introduits par la SA, par l'enseignant ou par l'environnement de la classe. Les obstacles d'origine didactique sont nombreux dans cette recherche et sont divisés en deux thèmes, soit les obstacles en lien avec l'enseignement et les obstacles en lien avec l'apprentissage. C'est principalement dans ces thèmes et leurs sous-thèmes que certains obstacles peuvent être précisés par ce que Thouin (2009) nomme les difficultés d'enseignement et d'apprentissage en sciences et technologie. Par exemple, une difficulté liée à une mauvaise transposition didactique précise davantage l'obstacle d'origine didactique. J'y fais parfois référence afin d'appuyer certaines idées.

³⁸ Seules les personnes âgées de 16 ans ou plus peuvent fréquenter la FGA.

5.2.1. Obstacles d'origine didactique en lien avec l'enseignement

Premièrement, le *programme d'études* du MEESR (2015)³⁹ est perçu comme un obstacle par certains participants. Philippe⁴⁰ mentionne que « le programme est exigeant », ce qui l'incite à mettre de côté les parties de la SA jugées inutiles à ses yeux comme le démontage du moteur. Cette solution est proposée dans le guide de l'enseignant afin de diminuer la longueur de la SA qui s'insère dans un cours déjà dense et exigeant selon Philippe. De son côté, Paul vit une ambiguïté par rapport au programme avec les cours de la troisième secondaire.

Ça a tu été statué que ces cours-là sont obligatoires ou pas, parce que je sais que nous autres on leur a fait un cahier d'une centaine de pages qui révise les notions de sciences pour justement arriver en [secondaire] quatre, en tout cas, en sciences techno de [secondaire] quatre sans avoir à se taper le trois, mais là il est tu obligatoire ou pas on ne le sait plus⁴¹.

Cette ambiguïté relative au programme ou à son application dépasse le cadre de la SA. Néanmoins, Paul semble se questionner sur l'application du programme et ses impacts sur le cheminement scolaire de l'adulte, ce qui peut avoir des impacts sur l'utilisation de la SA.

Deuxièmement, l'*organisation scolaire* de la FGA a un impact sur une utilisation possible et efficace de la SA en classe. Philippe⁴² mentionne qu'il n'y a pas, dans son centre, de période dédiée au travail à l'atelier. « J'étais obligé de me déplacer de la salle de classe à l'atelier, fait que ça évidemment, c'est loin d'être l'idéal. » Dans son cas, il devait quitter sa classe d'environ 25 adultes afin d'aller superviser l'adulte réalisant la SA à l'atelier, soit un autre local un peu plus loin sur le même étage de son centre. Il intervenait donc assez rapidement pour ne pas laisser son groupe seul trop longtemps. L'aide ou la rétroaction donnée à l'adulte s'en trouvait donc affectée. Deux solutions ont été nommées

³⁹ Lors de la collecte de données, la nouvelle version du programme d'études n'était pas encore publiée.

⁴⁰ Tous les noms employés pour la présentation des résultats sont fictifs pour préserver l'anonymat des participants.

⁴¹ Les extraits présentés dans ce mémoire ont été retranscrits textuellement. Cela dit, ils ont parfois été légèrement modifiés pour en faciliter la lecture.

⁴² Philippe a vécu les mises à l'essai empirique (planification) et systématique (en classe).

par les participants, dont Philippe, à cet égard, soit de libérer un enseignant à ou un des moments précis dans l'horaire de la semaine afin qu'il enseigne une période à l'atelier. À ce moment, les adultes peuvent quitter leur cours et se présenter à l'atelier pour y effectuer leur travail. L'autre solution nommée est la présence d'un TTP dans l'atelier qui assiste les adultes dans leurs tâches. Ces derniers quittent alors la classe, se rendent à l'atelier, effectuent leurs tâches et reviennent en classe, tout en étant assistés tout au long de la SA par le TTP à l'atelier et l'enseignant en classe. Ces solutions ont toutefois comme inconvénients de nécessiter des investissements et une bonne concertation entre les différents intervenants. Une autre solution déjà en place dans le milieu de trois participants est la présence de l'atelier à même le local-classe, dans un petit espace fermé dédié à cette fin. Ainsi, l'adulte peut réaliser son analyse technologique dès qu'il est prêt et être guidé par son enseignant dans la tâche. Philippe mentionne également que l'adulte ayant expérimenté la SA n'a pas démonté et remonté le moteur en un seul cours et l'a laissé sur la table, puisqu'on l'avait autorisé à procéder de cette manière. Par contre, laisser un moteur partiellement démonté pose un problème d'espace disponible à l'atelier selon Philippe. Pour lui, la solution d'observer le moteur déjà démonté est intéressante et élimine ce problème. De plus, Jasmin aborde l'aspect financier de la SA. « L'objet, pour certaines écoles, c'est peut-être dispendieux. C'est environ 250 \$ s'équiper d'un moteur. » Deux solutions existent pour éliminer cet obstacle. La première consiste à offrir la SA sans moteur réel, avec une médiathèque de photographies et de vidéos disponibles en ligne pour l'analyse de l'adulte. Cette solution, proposée par l'étudiant-chercheur, a été inspirée par l'identification de cet obstacle et par le désir de Julie d'avoir à sa disposition de meilleures photos dans le guide de démontage. La deuxième solution, elle aussi proposée par l'étudiant-chercheur, est de récupérer un moteur de tondeuse usagé à faible coût ou gratuitement. Le désavantage de cette solution est la nécessité d'un nettoyage complet du moteur et la possible incohérence entre le guide de démontage proposé et le moteur récupéré. Il est donc important d'évaluer le temps investi dans cette récupération et le coût d'un moteur neuf.

Troisièmement, le *temps lié à des apprentissages formels ou informels* semble être une préoccupation pour Philippe, qui hésite à faire démonter le moteur à l'adulte ou à analyser le fonctionnement global du moteur. Il mentionne : « c'est super intéressant, mais ce n'est pas matière au cours, je pense que ce n'est pas... matière à examen, ce n'est pas dans la description du programme. » Ce travail supplémentaire d'analyse technologique permettrait des approfondissements possibles avec la SA et d'analyser l'objet dans son ensemble, mais c'est une solution qui demande du temps, puisque c'est un objet complexe. Cette latitude offerte par le programme dans le choix de l'objet technologique et les différentes possibilités offertes par la SA l'amènent à faire des choix dans la planification de son enseignement. Pour Philippe, le choix d'offrir l'objet déjà démonté à l'adulte permet de centrer les efforts sur les concepts plus formels du cours et d'ainsi offrir la SA dans un temps raisonnable.

Quatrièmement, la *situation d'apprentissage* elle-même, plus précisément le cahier de l'adulte, comportait plusieurs obstacles aux yeux des participants. La longueur totale ou de certaines sections, la formulation de certaines questions, des erreurs dans la clé de correction, le vocabulaire employé, le démontage du moteur et le déroulement de la SA ont tous été relevés comme étant des obstacles ou difficultés de la SA.

La longueur de la mise en situation est une difficulté pour Gilles : « L'entrée est longue. Imagine un mauvais lecteur... » Cette difficulté liée à la lecture est également soulevée par d'autres participants. C'est pourquoi j'ai raccourci la mise en situation en enlevant le paragraphe sur l'évolution technologique. La longueur totale de la SA était un enjeu pour Philippe. Christelle propose de mettre l'adulte « devant un moteur déjà démonté [...]. On gagne dans le temps, c'est clair. » Cette même solution est aussi proposée par Philippe et Gilles, pour raccourcir la SA. Par contre, elle n'a pas été retenue dans la réalisation du cahier de l'adulte, puisqu'il est important pour moi que l'adulte développe sa technique de montage et démontage. Cette solution est tout de même proposée dans le guide de l'enseignant.

La question A3⁴³ était un obstacle pour plusieurs participants, dont Philippe, puisque « les frontières de l'étude », une expression employée par le CDP, était méconnue des participants et absente des manuels scolaires. La question A3 est transformée en un point d'information sur les frontières de l'analyse, conservant ainsi l'idée intéressante des points de vue d'une analyse technologique, mais limitant l'engagement de l'adulte face à cette nouvelle expression. Philippe trouve que d'offrir à la question D6⁴⁴ les mêmes concepts que ceux contenus dans la question liée à l'analyse du mécanisme revient à développer des connaissances liées aux mêmes concepts. Autrement dit, cette question peut être redondante pour l'adulte ou encore trop facilitante. Il dit « qu'on n'est pas obligé de le[s] mettre dans le[s] choix de la question D6. » Cette solution est pertinente pour obliger les adultes à aborder d'autres concepts du cours en lien avec leur mécanisme identifié. C'est pourquoi la banque de choix de concepts est passée de plus de neuf concepts (présence initialement du choix Autres notions possibles) à seulement trois concepts.

Un élément central de la SA, la question de recherche soumise à l'adulte dans la mise en situation⁴⁵, est un obstacle majeur qui perdure tout au long de la SA. Philippe mentionne que « c'est important dans la vie de savoir décortiquer un message écrit [...], mais je sais que ça va accrocher là, parce qu'il y a beaucoup d'éléments à la question. » Pour sa part, la question « embête » Julie « et elle va peut-être embêter aussi l'étudiant. », poursuit-elle. Paul « ne comprenait pas vraiment le sens de la question », puisque pour lui, « c'est évident [que] si ce n'est pas précis une roue dentée, ça ne marchera pas. » Jasmin la trouve « longue » et il propose plutôt de la mettre « sous forme de points [de liste à puces] » afin de « clarifier chaque intention, parce qu'il y en a trois dans la question, pour qu'elles soient

⁴³ Question originale A3 : Quelles sont les frontières de votre analyse? Encerclez les aspects choisis et expliquez pourquoi vous les avez choisis.

⁴⁴ Question originale D6 : Voici quelques exemples de notions scientifiques étudiées dans le cadre de votre cours de science et technologie. [...] Les concepteurs du moteur ont dû prendre en considération ces notions. Faites un lien entre votre mécanisme choisi et une de ces notions scientifiques. Expliquez votre réponse.

⁴⁵ Question de recherche originale : Comment le choix des matériaux et la précision de l'assemblage et de l'usinage des pièces influencent-ils le fonctionnement d'un système de ce moteur?

bien perçues par l'élève. » Tous les participants s'entendent sur l'obstacle posé par la question de recherche et sur le fait de la décortiquer en trois points, en fonction des éléments présents dans la question. Ce résultat auprès des enseignants concernant l'obstacle de la question et le peu de solutions proposées m'amènent à modifier complètement l'approche face à la tâche principale de la SA. Initialement, tout au long de la SA, l'adulte était dans une quête de réponses face à cette longue question complexe. Il pouvait même l'oublier en cours d'analyse, d'où la proposition de Jasmin de la « remettre une fois de temps en temps. » À la suite de la lecture d'une réponse de Philippe qui mentionne qu'il était « curieux » de découvrir le fonctionnement du moteur puisqu'il « fallait ensuite [...] [qu'il] l'explique à quelqu'un d'autre », j'ai eu l'idée d'aborder la tâche centrale de la SA en ce sens. L'adulte n'est plus en quête de réponses, il est plutôt impliqué dans un défi qui consiste à comprendre le fonctionnement d'un mécanisme pour ensuite l'expliquer à quelqu'un d'autre. Ce changement majeur n'a pas été directement proposé par les participants, mais est en accord avec la solution de Jasmin puisque l'explication de l'adulte devra s'appuyer sur les trois éléments de la question originale, présentés de façon décortiquée, tel que cela a clairement été proposé par Julie, Philippe, Jasmin et Christelle. Ainsi, la production finale attendue de l'adulte s'en trouve modifiée : on passe de répondre à une question complexe détaillée en trois points à un défi d'expliquer le fonctionnement d'un mécanisme en fonction de trois points importants. L'adulte est alors davantage en mode création qu'en mode réponse à une question, ce qui, sans doute, minimisera l'obstacle majeur de la question de recherche posée à l'adulte. Cet obstacle fait également référence à une difficulté liée à la lecture selon Thouin (2009), étant donné la densité et la complexité de la question.

Puis, quelques erreurs ou questionnements ont été soulevés par les participants. Paul remarque, dans la clé de correction, que l'hypothèse de réponse concernant l'utilisation de plastiques « peut-être » plus résistants « qu'un métal quelconque » pour la fabrication des roues dentées à l'intérieur du moteur n'est pas appuyée et est vague. En effet, comme me l'a confirmé Jean-François Lemire, un mécanicien de petits moteurs que j'ai consulté à ce sujet, c'est principalement pour leur poids et leur douceur de roulement que les roues

dentées de plastique sont utilisées, sans parler de leur aspect économique. De plus, dans le schéma de construction du corrigé, il est indiqué que la bielle est en fonte ductile alors qu'elle est plutôt en aluminium, toujours selon Jean-François Lemire. Des corrections et précisions ont donc été apportées en guise de solutions.

Par ailleurs, deux exemples d'obstacles ou difficultés liés au vocabulaire ont particulièrement été soulevés par les participants. D'abord, l'emploi du terme « système » questionne Gilles : « C'est quoi ça un système? Honnêtement, ça me revient, c'est une question que je m'étais posée. Qu'est-ce qu'on entend par un système? » Puisqu'aucune solution n'a été proposée, j'ai choisi de remplacer le mot système par le mot mécanisme, ce dernier étant plus précis et référant directement à un système mécanique, et non pas à d'autres types de systèmes comme un système d'échappement. Ce changement peut minimiser cet obstacle lié au vocabulaire. Ensuite, le terme « problème » était un autre obstacle ou difficulté lié au vocabulaire. Christelle souligne qu'« elle accroche » sur le fait qu'on demande quel est le problème à résoudre et Jasmin mentionne que le mot problème « a souvent une connotation négative ». « On va chercher le...ce qui est non fonctionnel. » poursuit-il. J'ai finalement choisi de remplacer le terme « problème » par le terme « défi », puisque le terme « défi c'est très large...ça serait plus acceptable », conclut Jasmin.

En outre, le démontage du moteur à quatre temps semble être un obstacle à plusieurs égards pour les participants. Julie comprend que les photos ont été prises de près, mais elle « ne trouvait pas ça clair. » J'ai pris l'initiative d'offrir aux adultes et aux enseignants une médiathèque de photographies et vidéos haute résolution disponibles en ligne du démontage et du remontage du moteur. Cette solution peut pallier cet obstacle, au besoin. Gilles mentionne que ses adultes n'ont pas la dextérité nécessaire pour démonter le moteur. « Ils ne sont pas capables d'enlever la vis. Si je ne les aide pas, ils ne l'enlèveront pas. Ils ne seront jamais capables de démonter ça. » Si c'est effectivement le cas, je suggère que de l'assistance d'un TTP ou d'un enseignant pourrait suffire pour les étapes plus difficiles. Du travail d'équipe avec un autre adulte, comme le suggère Jasmin, est une autre solution. Dans le cas où la faible dextérité fine de l'adulte serait connue à l'avance,

offrir le moteur déjà démonté, comme le suggèrent Philippe et Gilles, serait aussi une solution possible. Philippe, lors de la planification de l'enseignement, s'imagine se perdre dans les pièces du moteur : « [...] j'ai déjà démonté des lampes et j'avais de la misère à les remonter et là j'imagine le moteur, ça, c'est une difficulté inutile quant à moi. » Il ajoute aussi que ce n'est pas dans le cadre du cours de toute façon. Il poursuit en suggérant justement d'offrir le moteur déjà démonté à l'adulte, ce qui met de côté cet obstacle. Un enseignant qui décide de faire démonter le moteur à l'adulte pourrait lui fournir la médiathèque pour le guider dans le démontage. Par ailleurs, je suggère une solution ajoutée dans le guide de l'enseignant, qui propose de mettre les petites pièces de chaque étape du démontage dans un petit sac transparent identifié au numéro de l'étape. On limite ainsi les chances de perdre ou de mélanger des pièces. Le démontage du moteur est aussi une question de temps pour Philippe, qui a vécu l'expérience avec un adulte. « La seule chose qui est liée à la situation [d'apprentissage] serait peut-être le temps de montage démontage, surtout démontage, qui est quand même long. » Offrir le moteur partiellement ou totalement démonté serait une fois de plus une solution efficace face à cet obstacle, comme le suggère Philippe.

Un dernier obstacle en lien avec le cahier de l'adulte de la SA concerne son déroulement. Pour Gilles, la phase de préparation, c'est-à-dire les sections A et B, fait obstacle au bon déroulement de la SA. En plus d'être « un peu longue », il mentionne que « c'est une phase que les élèves détestent. » Il précise aussi que « les questions sont générales sur l'ensemble du moteur, alors que l'analyse va porter sur un sous-système. Ça, je trouve que c'est déstabilisant un peu. » Une solution sous-entendue dans ses propos consiste à raccourcir et préciser cette phase de préparation à l'analyse d'un mécanisme du moteur. C'est ce que j'ai fait afin d'éviter de démotiver les adultes et d'aller à l'essentiel. J'ai enlevé les questions A3 et B3. Cette dernière concernait la fonction globale du moteur, dont l'analyse complète n'était en effet pas le but. J'ai également fourni des ressources vidéo concernant l'explication demandée au sujet du fonctionnement du moteur quatre temps (question B2) tout en précisant que ce travail permettait d'amorcer la recherche de mécanismes présents dans le moteur. Cette précision confirme le défi d'analyser un seul

mécanisme. Mieux comprendre le fonctionnement du moteur et avoir une meilleure idée des mécanismes présents dans ce dernier à l'aide des vidéos motivera sans doute l'adulte à poursuivre son analyse technologique, puisqu'il sera davantage en mesure d'accomplir le défi à la suite de ces visionnements. Ces solutions minimisent les obstacles soulevés par Gilles.

Cinquièmement, *l'enseignant* peut être un obstacle d'origine didactique en lien avec l'enseignement. Les participants ont identifié comme obstacle le manque de temps d'accompagnement offert à l'adulte en contexte normal de classe ou lors de la mise à l'essai avec l'adulte dans le cas de Philippe. Ce dernier dit que « dans un contexte de classe, c'est dur des fois, on ne peut pas donner tout notre temps à un seul élève. » Dans le même ordre d'idée, il mentionne : « je ne peux pas prendre nécessairement tout le temps que je veux pour vraiment aller en profondeur sur chacune des réponses. » Il ajoute : « mais c'est toujours ça, es-tu disponible dans la minute où il fait ça ou est-ce qu'il attend une heure avant de pouvoir avoir accès au prof[esseur]? » Cet obstacle est aussi mentionné par Christelle qui dit que comme « prof[esseur] avec 20-25 élèves [...] on ne peut pas être dans le lab[oratoire] en même temps ». Une fois de plus, la solution du TTP qui assiste l'adulte à l'atelier minimiserait cet obstacle. Jasmin avance l'idée que si les adultes travaillaient en équipe, « au lieu de questionner le prof[esseur] », ils pourraient le faire entre eux. Cette solution semble intéressante pour les questions plus techniques liées au démontage du moteur ou pour une difficulté liée à la lecture, puisque les adultes pourraient s'entraider, libérant l'enseignant pour offrir plus de temps de rétroaction ou d'enseignement.

La connaissance des orientations et de la progression du programme est aussi un obstacle identifié dans le discours des participants. Paul dit entre autres qu'il ne connaissait « pas assez le contenu du cours [SCT-]4063 pour dire si c'est [...] de la matière qu'ils ont déjà vue ou quand est-ce que ça serait bon de leur donner ou si c'est suffisant pour rencontrer les objectifs. » Ce sentiment de Paul face au programme d'études semble montrer qu'il ne maîtrise pas encore la progression des apprentissages relative aux nouveaux cours du

deuxième cycle du secondaire à la FGA. Il mentionne aussi être « embêté » par « l'analyse comme telle d'une application sous l'angle technologique. » Étant donné sa grande connaissance des concepts scientifiques et technologiques du cours, ses connaissances approfondies des moteurs à quatre temps et sa capacité certaine à analyser un objet technologique à sa façon, il semble probable que ce soit davantage la compétence disciplinaire deux en lien avec l'analyse technologique d'une application qui « embête » Paul. À ce sujet, Philippe ajoute qu'il « y a une adaptation qui va être très grande à faire pour nous enseignants, mais aussi dans la façon qu'on enseigne. » Cet obstacle de la connaissance des orientations et de la progression du programme pourrait certainement être minimisé par de la formation continue, mais cette solution n'a pas été soulevée par les participants. Une autre solution est de se donner du temps pour s'améliorer progressivement. Elle a été proposée par Philippe, mais elle concerne plutôt l'organisation scolaire et le fonctionnement en classe. Je fais néanmoins le parallèle avec cet obstacle du manque de connaissances, puisque lors de la collecte de données, les nouveaux cours n'étaient pas implantés dans les CFGA et ne le sont toujours pas dans la majorité des centres au moment du dépôt de ce mémoire. Il est donc normal, à mon avis, qu'il soit difficile pour certains participants d'avoir une idée claire des orientations et de la progression du programme d'études. C'est pourquoi j'applique également la solution de se donner du temps pour s'améliorer progressivement face à cet obstacle, puisqu'il est certainement surmontable.

5.2.2. Obstacles d'origine didactique en lien avec l'apprentissage

Premièrement, *l'absentéisme* est un obstacle à l'apprentissage. Philippe révèle que parfois, il préparait « quelque chose pour l'élève, mais l'élève s'absentait. » Ainsi, l'adulte perdait sans doute de précieuses explications qui ne pouvaient pas nécessairement être reprises ultérieurement, selon les disponibilités de l'enseignant et du matériel. Il est légitime de croire que ces absences nuisaient au bon déroulement de la SA.

Deuxièmement, *la représentation de l'objet* par un adulte peut être difficile et amener un obstacle à l'apprentissage. Philippe mentionne que « ce n'est pas tout le monde qui a déjà

tondu des gazons » et ajoute : « c'est comme si on assume que tout le monde sait c'est quoi un moteur puis comment ça fonctionne [...] pour beaucoup de gens c'est complètement nouveau. » Certains adultes n'ont probablement en effet jamais touché à une tondeuse à gazon ou regardé sous le capot d'une voiture pour voir ce qui propulse l'objet. En ce sens, Philippe suggère l'ajout de vidéos afin de « voir comment ça bouge tout ça », dès le début de la SA. L'adulte peut alors, selon lui, mieux se questionner et émettre des hypothèses. Cette solution a été retenue. Une vidéo sur les différents modèles de tondeuse à gazon est présente en hyperlien dans la mise en situation. Trois vidéos sur le fonctionnement d'un moteur ont aussi été ajoutées à la question B2 du cahier de l'adulte sous forme de texte, de liens hypertextes et de codes QR. Ainsi, les adultes peuvent améliorer leur représentation de l'objet dans la phase de préparation (sections A et B).

Troisièmement, la *démotivation* est un autre obstacle à l'apprentissage. Jasmin l'aborde en lien avec le temps total à investir à la SA. « S'il [l'adulte] voit qu'à chaque fois ça lui demande 30 minutes aller chercher telle affaire ou telle affaire », « il va se démotiver et il ne le fera pas. » Cette inaction de l'adulte nuit vraisemblablement à son apprentissage. Les tâches proposées doivent être accessibles aux adultes et s'offrir dans un temps raisonnable. L'obstacle suivant apporte des précisions.

Quatrièmement, Jasmin souligne aussi la démotivation possible des adultes en fonction des *besoins préalables* à la SA en lien avec l'apprentissage et la construction des connaissances. Paul abonde dans le même sens en mentionnant « qu'il faut quasiment voir les notions du cours avant de faire la situation au complet. » Jasmin dit que si l'adulte a déjà fait sa première, deuxième et troisième secondaire ou s'il a échoué sa quatrième secondaire et qu'il la reprend à la FGA, « ça peut être quelque chose de facilitant. » De son côté, Philippe pense offrir un atelier préalable à la SA dans lequel il revoit les différents mécanismes avec des démonstrateurs (en bois, par exemple) avant d'utiliser la SA en classe. « Je ferais ça au préalable. Je pense que ça les aiderait à mieux comprendre ce qu'ils voient quand ils ouvrent le moteur. » « C'est dur de mobiliser des connaissances si on ne sait même pas de quoi on parle » et « s'ils ne sont pas capables de voir sur papier,

ils ne le verront pas dans un moteur. », ajoute-t-il. Paul dit aussi : « Ouai ben là ça prendrait un minimum pour voir au moins les mouvements, les transformations de base [...] C'est sûr que ça peut s'acquérir assez vite, mais s'ils ne l'ont pas vu, je pense qu'ils vont se poser des questions. La page va rester blanche. » Jasmin abonde dans le même sens : « c'est que déjà là, la plupart des concepts, il faudrait qu'ils aient été abordés. » Il ajoute que c'est pour maintenir le rythme de la SA : « c'est sûr que tous les concepts que j'aimerais qu'il aille vu avant, parce qu'il y a beaucoup de choses que je vais passer mon temps à lui enseigner au travers et on va toujours briser la situation. » Pour Gilles, la maîtrise des connaissances utiles à la SA représente pour lui « une contrainte plutôt qu'un obstacle. » Il ajoute en ce sens que « cette situation-là, elle se fait vers la fin du cours » pour que l'adulte maîtrise bien ses connaissances et chemine mieux dans la SA. En fonction de cette dernière, les participants proposent donc comme solution que les connaissances utiles à la SA soient maîtrisées avant son utilisation en classe. C'est ce qui est maintenant suggéré dans le guide de l'enseignant. Ce besoin semble être en lien avec le prochain obstacle.

Cinquièmement, le *manque d'autonomie* de l'adulte est un obstacle à l'apprentissage et au bon déroulement de la SA. Même si un seul des sept participants l'a vécu, les autres connaissent assez bien les adultes à qui ils enseignent pour identifier à quels moments de la SA ce manque d'autonomie nuira aux apprentissages. Philippe souligne bien ce besoin d'autonomie lorsqu'il dit que « dans une classe de trente élèves qui sont tous dans un endroit différent, dans des différents modules, il faut que la situation soit la plus, qu'ils puissent travailler de façon la plus autonome possible avec la situation. » Jasmin ajoute : « j'ai peur que l'élève ait de la difficulté à être autonome dans ça, étant donné que ça va être difficile d'être avec lui tout le temps. » Gilles précise que dans une question de la section A, la SA renvoie à des pages d'un manuel scolaire pour aider l'adulte à cheminer ou pour lui faire un rappel des connaissances utiles pour répondre, alors que pour réaliser « le schéma de principe, schéma de construction, tu [l'auteur de la SA] ne dis même pas ça. » En d'autres mots, Gilles déplore l'absence de références théoriques. Il considère donc ces tâches de schématisation comme étant plutôt difficiles et propose implicitement

de donner des références théoriques en appui au travail de l'adulte. Cette solution a été retenue pour minimiser cet obstacle.

Comme mentionné précédemment, Gilles craint aussi que les adultes ne soient pas autonomes dans le démontage du moteur : « ils ne sont pas capables de l'enlever la vis. Si je ne les aide pas, ils ne l'enlèveront pas. Ils ne seront jamais capables de démonter ça. Puis là *hey boy* que je vais être stressé de les laisser tout seul avec ça puis qu'après ça il faut qu'ils le remontent. Puis qu'ils ne perdent pas les pièces. Tu comprends tu? » La présence d'un TTP pourrait être une solution pour minimiser cet obstacle.

Les questions ouvertes semblent demander plus de support de la part de l'enseignant et peuvent ralentir les adultes dans leurs apprentissages selon Gilles : « il y a des questions assez ouvertes, je sais que quand j'en ai 23, 24 [élèves], des questions de même, il ne faut pas que ça revienne trop souvent. Parce qu'ils n'ont pas le choix, il faut qu'ils viennent te voir. La question est tellement ouverte, ils ne peuvent pas se corriger. [...] il vient te voir et demande "c'est tu correct ça?" » Tous ces extraits soulignent l'importance, à la FGA, d'offrir des SA où l'adulte peut être autonome dans ses apprentissages. Des solutions existent et peuvent être mises en place pour minimiser cet obstacle. D'abord, il est suggéré dans le guide de l'enseignant d'utiliser cette SA vers la fin du cours, à la suite des recommandations de Gilles. Ainsi, les connaissances de l'adulte seront mieux développées et ce ne sera habituellement pas sa première SA d'analyse technologique, ce qui l'aura habitué à ce genre de démarche. En ce sens et en lien avec l'obstacle précédent, offrir les cours Science générale est une autre solution que je propose afin d'outiller les adultes à propos des démarches d'investigation. Les stratégies d'exploration et d'analyse présentées à la page 141 du programme d'études (MEES, 2018b) pourraient être développées tout au long du continuum de cours du deuxième cycle du secondaire. Jasmin dit que les adultes à qui il enseigne « ont de la difficulté à faire des liens entre plusieurs choses, moi c'est quelque chose que je veux travailler à faire avec eux. » Cette stratégie peut être travaillée dans la SA, mais bien avant également. Jasmin ajoute comme solution

« de la faire en équipe, comme ça l'élève peut, au lieu de questionner le prof[esseur], se questionner avec l'autre élève. »

Sixièmement, donner une *réponse par écrit à une question complexe* est un obstacle soulevé par les participants. Gilles dit qu'il a « de la misère [...] à leur faire écrire six phrases dans une réponse » en faisant référence à plusieurs questions dans la SA. Même constat pour Julie pour qui la question de recherche amène un obstacle au sujet de l'écriture de la réponse : « Là en fait, il va falloir peut-être qu'on le dirige un peu plus [...] dans cette partie-là. » Philippe aborde un point intéressant lorsqu'il dit que « c'est pertinent qu'ils prennent le temps de l'écrire par après, parce que c'est le format qui est demandé à l'examen. C'est plate, mais il faut qu'ils s'habituent. Il faut qu'ils s'habituent à mettre par écrit un raisonnement, qu'ils soient capables d'élaborer un raisonnement mental qu'ils ont eu à l'oral. » En accord avec Gilles et Julie, j'ai retenu l'idée de diminuer la charge de travail de rédaction des adultes. En ce sens, la production finale attendue est maintenant obligatoirement une présentation multimédia au choix de l'adulte. Cependant, Philippe soulève un bon point : à l'évaluation, on demande des réponses écrites, souvent assez longues et détaillées. C'est pourquoi j'ai maintenu l'exigence de produire des réponses écrites pour les autres questions de la SA.

5.3. Obstacles d'origine épistémologique

L'obstacle d'origine épistémologique réfère au développement historique du concept ou à la construction de ces concepts par un individu. Dans cette section, les obstacles nommés sont directement liés aux concepts scientifiques et technologiques et aux techniques du programme d'études. Ils peuvent avoir été vécus par les participants eux-mêmes comme apprenants, puisque ce sont des nouveaux concepts à enseigner pour eux ou avoir été vécus lors de la mise à l'essai en classe avec un adulte. Ils peuvent aussi être anticipés, par les participants, comme un obstacle potentiel lors de la planification de l'enseignement.

Premièrement, aucun obstacle lié au *développement historique des concepts* n'émerge des données recueillies. Cela ne semble pas être une préoccupation pour les participants. Il est

également possible que les frontières de l'étude, qui met de côté l'aspect historique de l'analyse technologique du moteur, y soit pour quelque chose en ayant concentré l'attention des participants sur le fonctionnement technologique du moteur.

Deuxièmement, la *compréhension des concepts par l'enseignant* est un obstacle à l'utilisation de la SA en classe. Jasmin dit qu'à la lecture du programme du cours, en comparaison des trois autres cours de la quatrième secondaire, c'est « celui où j'ai le plus fait une face de grimace, où il y a du "stock" à aller s'approprier qui est différent, qu'on ne voyait pas nécessairement. » En ce sens, il poursuit en disant : « Le moteur, j'ai eu un peu plus de difficulté à faire des liens avec ce qu'on faisait déjà. C'est vraiment quelque chose de nouveau. » Cette nouveauté amène un défi supplémentaire aux enseignants qui s'approprient le programme, autant au sujet des concepts que des approches. Philippe mentionne aussi que comme enseignant, il faut « être toujours une coche en haut de l'élève ». Christelle mentionne l'importance de bien connaître les concepts que l'on enseigne : « l'obstacle était au niveau de mes propres connaissances. De bâtir mes connaissances avant de pouvoir les transmettre à l'élève, pour ne pas dire des niaiseries non plus. » Jasmin aborde la compréhension globale de l'objet technique (le moteur) comme étant importante pour lui, même s'il dit que ce n'est pas le but premier de la SA : « même si ce n'est pas une SAÉ qui vise à comprendre comment fonctionne nécessairement le moteur, il faut quand même avoir une base pour savoir vers où se repérer, reconnaître les pièces. C'est sûr que ça reste un apprentissage par rapport à ça. » Philippe abonde dans le même sens dans sa planification de l'enseignement de la SA : « Dans les savoirs [...] ce qui était relatif vraiment concrètement au fonctionnement du moteur parce que je n'en ai pas encore démonté un puis je ne sais pas tant que ça comment ça fonctionne. » Christelle mentionne aussi qu'elle n'a pas « des grandes aptitudes en dessin, fait que je me suis dit bon, peut-être que ça ne sera pas terriblement joli » en parlant du dessin technique qui, pour elle, est un obstacle. Jasmin, lui, a une pensée pour ses collègues de travail : « Moi c'est drôle quand je pense à ça, je pense aux autres enseignants avec qui je travaille qui eux n'ont pas de formation en sciences et encore moins en techno[logie], eux autres vont avoir à travailler fort par rapport à ça. »

Les techniques sont également un obstacle. Philippe dit qu'il n'a « jamais démonté de moteur » et Christelle a quelques connaissances théoriques, « mais pratique au niveau du démontage, zéro. » En outre, bien que ces connaissances ne soient pas spécifiquement en lien avec le programme d'études Science et technologie, Christelle mentionne que « si l'élève a de la difficulté à utiliser ces outils-là, au niveau de l'informatique, ça aussi ça peut venir nous confronter dans certaines limites qu'on a. »

Ces obstacles épistémologiques liés aux nouveaux concepts du cours, au choix de l'objet à analyser et aux TIC peuvent assurément être surmontés par différentes solutions. La solution déjà nommée de se donner du temps s'applique bien ici. Il est difficile, voire impossible, de s'approprier autant de nouveaux cours et d'être bon dans chacun d'entre eux dès le départ. Il faut se donner le temps d'appriivoiser les concepts, les démarches et le matériel didactique. Même si elles n'ont pas été nommées, la solution du perfectionnement est bien entendu intéressante dans ce cas, tout comme le codéveloppement entre collègues de travail. Participer à la communauté de pratique Science et technologie des Après-Cours FGA⁴⁶ est un moyen parmi d'autres pour se perfectionner. Bien entendu, une autre solution possible, proposée par l'étudiant-chercheur, est de mettre de côté la SA et d'en choisir une autre qui répond aux besoins. Un enseignant est libre de choisir son matériel didactique. Il pourrait même utiliser la SA en l'ajustant à l'analyse d'un objet technique plus simple et mieux connu. Ces solutions illustrent bien différentes façons de contourner, de minimiser ou de mettre de côté les obstacles liés à la SA.

Troisièmement, la *compréhension des concepts par l'adulte* est un obstacle au bon déroulement de la SA en classe. Gilles prévoit, lors de la planification, que la schématisation sera un défi pour les adultes : « schématisation, autant de principes que de construction [...] ce n'est pas quelque chose de léger. [...] la barre est haute, ça, c'est une grosse difficulté ». Il mentionne que les adultes ayant réussi les cours préalables auront

⁴⁶ Pour en savoir plus sur cette communauté de pratique des Après-Cours FGA : <http://aprescours.ticfga.ca/category/science-et-technologie/>.

interprété des schémas, « il n'aura pas dessiné encore. » Donc, pour Gilles, la schématisation représentera un défi pour les adultes. Ces prévisions de Gilles rejoignent les observations de Philippe en classe. Ce dernier mentionne, en lien avec le concept et la technique de schématisation, que son adulte « a particulièrement de la difficulté avec cette notion-là. » Pour sa part, Julie mentionne : « [...] j'ai l'impression qu'il va falloir que j'accompagne un petit peu plus » l'adulte au sujet « des propriétés des matériaux ». La présence de ce concept dans la question de recherche amène cette réflexion à Julie. Albert prévoit que « l'identification des systèmes pourrait être un défi au niveau conceptuel ». Cette identification est demandée aux adultes, puisqu'ils doivent choisir un mécanisme à analyser lors du démontage du moteur. Pour ce faire, ils doivent donc les reconnaître.

Ces obstacles présents dans la SA concordent bien avec l'idée d'objectif-obstacle de Astolfi, Darot, Ginsburger-Vogel et Toussaint (2008). En effet, un des objectifs de la SA est de construire les connaissances liées aux concepts nommés précédemment. L'idée n'est donc pas de les mettre de côté, mais plutôt de fournir les ressources aux adultes afin qu'ils franchissent ces objectifs-obstacles, sans les contourner. Une solution en lien avec cet obstacle est d'offrir les cours préalables visant à commencer la construction des connaissances mentionnées. Il est aussi possible de donner des explications supplémentaires à l'adulte, comme le prévoit Julie. La solution retenue dans la SA en lien avec la schématisation est l'ajout des références théoriques et pratiques venant appuyer et guider le travail de l'adulte, le rendant également plus autonome dans la tâche.

5.4. Obstacles d'origine personnelle

L'obstacle d'origine personnelle est une catégorie émergente de notre recherche. Elle rassemble les discussions en lien avec les sentiments ou les émotions des participants. J'ai décidé d'en faire une catégorie à part entière, car ces sentiments ou ces émotions sont parfois à la base de décisions en enseignement. Il est peut-être plus simple pour un enseignant de choisir une SA avec laquelle il est à l'aise et qui n'ébranle pas son sentiment de compétence.

Le premier obstacle d'origine personnelle est la *peur du changement*. Cet obstacle est évoqué rapidement par Jasmin lorsqu'il dit que certains enseignants aiment les défis alors que d'autres « aiment rester dans leurs vieilles habitudes. Le changement, ça fait peur. » Dans un autre contexte, Jasmin propose une solution pour contourner l'obstacle de la peur du changement, soit d'avoir des adultes attirés à chaque enseignant. Ainsi, les adultes inscrits en SCT-4063 pourraient tous avoir le même enseignant, lequel est à l'aise d'enseigner ce cours et d'utiliser la SA. Le contexte dans lequel il avance cette solution n'est pas exactement celui de la peur du changement, mais plutôt celui des différents styles d'enseignants qui ne prennent pas toujours des décisions d'un commun accord. Néanmoins, cet obstacle peut aussi être surmonté en morcelant l'appropriation de ce cours et en s'appropriant lentement la SA en tant qu'enseignant. Le morcellement de la SA est d'ailleurs une solution proposée par Christelle pour un enseignement plus efficace avec un adulte.

Le deuxième obstacle d'origine personnelle est le *lien affectif avec les concepts* de la SA. Cet obstacle pourrait être d'origine épistémologique, mais j'ai décidé de le catégoriser comme étant d'origine personnelle, car la place des émotions ou des sentiments est prépondérante par rapport au concept lui-même. De plus, il est difficilement généralisable à un groupe d'individu, de par son caractère très personnel. D'une part, Philippe, imagine « des personnalités avec qui ce genre de travail là pourrait ne pas nécessairement coller. » Il se demande comment faire pour « accrocher ces élèves-là qui n'en ont rien à foutre d'un moteur quatre temps. ». D'autre part, il réfléchit aussi aux enseignants qui « n'ont pas d'intérêt pour la mécanique, la techno[logie], qui sont des enseignants de sciences, bien eux peut-être vont réagir de façon différente [de la sienne]. » Il ajoute que ces enseignants « vont être quand même obligés de livrer la marchandise, de livrer la matière et d'intéresser les élèves. » L'étudiant-chercheur renchérit en disant que ça peut donc représenter un « double défi », soit d'être positif face à la SA ou à ces concepts et d'intéresser les adultes à ce sujet. De son côté, Gilles aborde l'obstacle différemment. Il avance l'hypothèse suivante : « je ne suis pas sûr que les filles, elles, vont triper à démonter un moteur de tondeuse à gazon. » Il émet l'idée que le lien affectif (ou l'intérêt dans ce cas) des filles

face à la SA ne sera pas très bon. Il poursuit en mentionnant qu'il ne l'a pas encore essayée, mais il fait le parallèle avec le cours SCT-4061, Le défi énergétique⁴⁷, où « les filles aiment ça quand même, mais on ne peut pas dire qu'elles tripent. » Il conclut son idée en disant : « Les gars vont triper, mais les filles en général je ne suis pas sûr qu'elles vont triper. Mais c'est correct d'en avoir pour les gars, c'est eux qui décrochent⁴⁸. » Il n'y a pas de solutions directes à cet obstacle. Il est légitime de croire qu'une SA ne plaira jamais à 100 % à tous les enseignants et à tous les adultes. Cependant, des solutions peuvent quand même être mises de l'avant pour minimiser cet obstacle. Par exemple, le moteur pourrait déjà être démonté pour un adulte qui est moins intéressé. Pour un adulte passionné, l'enseignant pourrait se permettre d'aller un peu plus loin et d'analyser, par exemple, le carburateur. Dans le cas où ni l'adulte ni l'enseignant ne sont intéressés par la SA, j'avance la solution de simplement mettre de côté la SA du cours et d'en choisir une autre ou d'analyser un autre objet, comme je le proposais plus tôt.

En bref, ces obstacles d'origine personnelle liés à des sentiments ou des émotions sont particuliers à chacun. Dans le cas où les sentiments ou les émotions sont très positifs, on ne parle plus d'obstacles, mais plutôt de dévolution en lien avec la SA, c'est-à-dire un moyen par lequel l'enseignant mobilise ses adultes et les engage dans le défi (Brousseau, 1998). Dans le cas contraire, l'enseignant doit gérer cet obstacle en fonction des solutions possibles.

5.5. Schémas des obstacles ou difficultés identifiés et des solutions proposées

La création de l'arbre thématique en continu permet d'avoir une bonne vue d'ensemble des données recueillies. La schématisation de cet arbre illustre bien les différents axes thématiques développés tout au long de la recherche, jusqu'à une certaine saturation des

⁴⁷ Les parties pratiques de ce cours portent sur les circuits électriques.

⁴⁸ La question du genre dans l'enseignement et l'apprentissage des sciences et de la technologie à la FGA est une idée de recherche intéressante qui mériterait d'être approfondie, mais qui ne le sera pas dans le cadre de cette recherche développement.

données (Fortin et Gagnon, 2016). La figure suivante présente l'arbre thématique des obstacles ou difficultés identifiés par les participants.



Figure 6. Schéma des obstacles ou difficultés identifiés par les participants

On remarque également sur ce schéma la part importante des obstacles ou difficultés d'origine didactique. Puisque l'objectif final était d'améliorer la SA, il n'est pas surprenant qu'il en soit ainsi. Lors des entretiens de recherche, les participants ont réfléchi beaucoup au « comment » plus qu'au « pourquoi » ils devraient l'utiliser ou non ou au « quoi » enseigner, par exemple.

De la même façon que le précédent, l'arbre thématique des solutions s'est construit tout au long de l'analyse et de l'interprétation des données de cette recherche. La figure suivante présente un schéma des solutions proposées exclusivement par les participants.

Les quelques propositions de solutions du chercheur sont mentionnées uniquement dans les sections précédentes du chapitre Résultats.

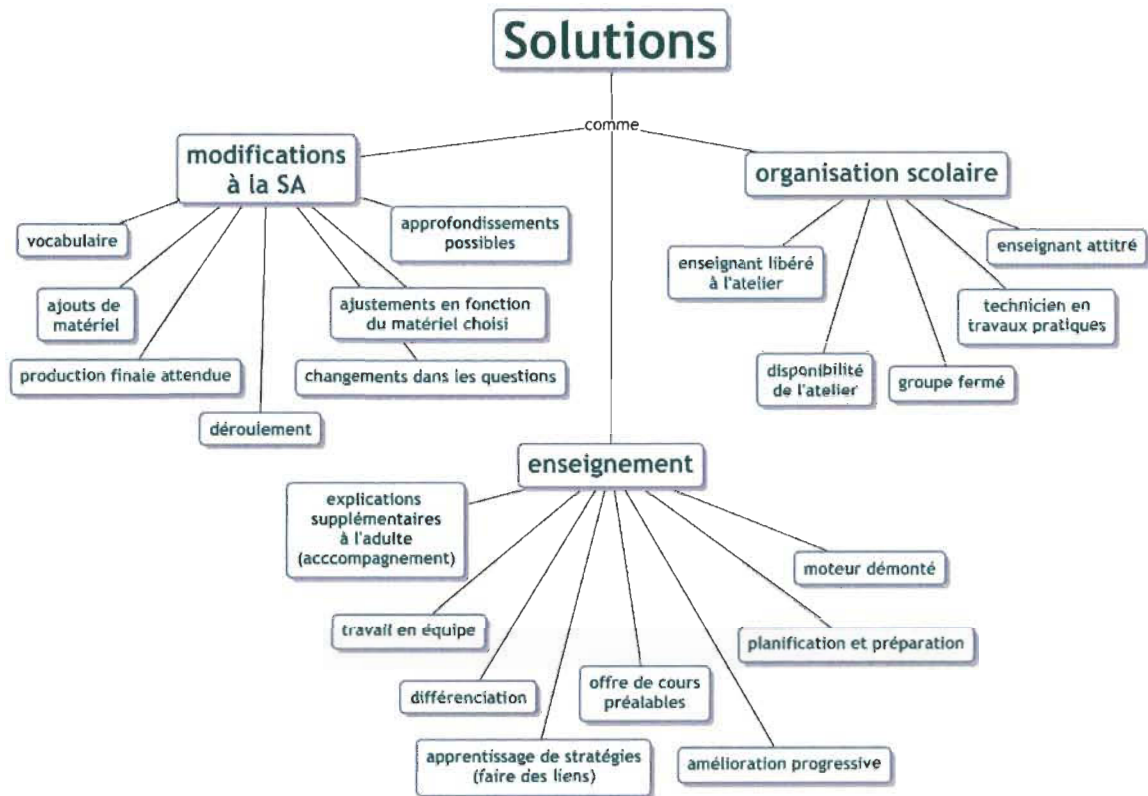


Figure 7. Schéma des solutions proposées par les participants

Ces solutions ont émergé pendant le travail de planification de l'enseignant ou au cours de l'entretien de recherche. Certaines concernent spécifiquement la SA, alors que d'autres proposent des aménagements possibles dans l'enseignement ou dans l'organisation scolaire. Avec ce schéma, on distingue bien les différents axes thématiques en lien avec les solutions proposées par les enseignants. La section suivante présente les solutions incluses dans ce schéma, mais absentes des résultats jusqu'à maintenant, puisqu'elles n'ont pas de lien explicite avec un obstacle ou une difficulté documenté.

5.6. Autres solutions évoquées par les participants

Dans l'arbre thématique des solutions présenté précédemment, certaines n'ont pas encore été nommées. C'est le cas de celle proposée par Jasmin qui consiste à réaliser des *ajustements* (à la SA) *en fonction du matériel choisi* pour le cours. Dans la planification du cours de Jasmin, « c'est vraiment la bielle et l'arbre à cames » qui n'avaient pas encore été abordés comme mécanismes, ou plutôt sur lesquels le cours planifié n'insiste pas. C'est ce qui l'amène à proposer de « peut-être insister plus sur ces deux transmissions de mouvement là parce que je ne les ai pas faites dans d'autres situations d'apprentissage ». Dans son cas, il s'agit donc de diminuer les choix possibles de mécanismes à analyser par les adultes en fonction du cours suivi. Cette solution a été ajoutée au guide de l'enseignant seulement, puisque le cahier de l'adulte est conçu pour donner le choix du mécanisme à analyser. Cette contrainte supplémentaire liée au cours suivi peut être ajoutée au cahier de l'adulte ou, lorsque l'adulte vient valider son choix de mécanisme, l'enseignant peut alors le diriger verbalement vers un autre mécanisme moins étudié durant le cours.

Cette solution est en lien avec la suivante, qui est la *planification et la préparation* de l'enseignement. Plusieurs obstacles peuvent être minimisés ou mis de côté de cette façon. Christelle dit en ce sens, à propos de l'appropriation des techniques liées au démontage du moteur : « ça serait le fun de le faire [démonter le moteur] avant de le présenter aux élèves. » Par rapport à la préparation, Albert mentionne, en lien avec la démarche d'analyse technologique, qu'il « y aura peut-être déjà des vidéos qui vont modéliser ce qu'on veut faire. » Ces vidéos, devant être trouvées ou réalisées par l'enseignant, pourraient être visionnées par les adultes. Ainsi, les adultes connaîtraient mieux la démarche d'analyse technologique avant de l'aborder dans la SA. Albert mentionne également qu'en connaissant bien le programme d'études, on sait « ce qu'on peut demander à l'élève [...], puis aussi ce qu'on peut faire en extra. » Être bien préparé à enseigner le cours et la SA semble donc minimiser les obstacles possibles ou semble aider à prévoir à l'avance des pistes possibles de différenciation.

La *différenciation* est justement une solution en lien avec l'enseignement proposée par les participants de différentes façons. Par exemple, Jasmin mentionne, au sujet du retour réflexif à la fin de la SA : « ce qu'il [l'adulte] écrit versus ce qu'il me dirait si moi je lui posais des questions, ça va être différent. Fait que moi c'est sûr que je vais m'en servir pour après ça parler avec l'élève. » Pour Jasmin, il semble intéressant d'aborder les questions réflexives d'une autre façon. Cette solution a été intégrée au cahier de l'adulte avec la mention suivante avant cette section : « Si possible, consultez votre enseignant pour discuter des questions suivantes et faire un retour sur vos apprentissages. » Elle a aussi été ajoutée au guide de l'enseignant, puisque ce moment d'échange entre l'adulte et l'enseignant est important pour offrir une rétroaction rapide à l'adulte et pour mieux préparer une possible rétroaction plus détaillée sur l'ensemble de la SA. Pour Philippe, les sections A et B, soit celles où le défi est défini et les connaissances antérieures sont activées, pourraient aussi être complétées à l'oral avec l'adulte. Pour lui, il s'agit d'une façon de gagner du temps et d'aider l'adulte à bien saisir la nature du travail à réaliser.

Philippe mentionne que « dans un monde idéal, ça serait des groupes plus homogènes, ou une structure qui permet de vraiment bâtir des ateliers et non pas de l'individuel un par un ». L'idée d'avoir « un groupe d'élèves, puis ensemble ils vont passer au travers les sigles de cours, mais en suivant un rythme commun » semble lui plaire et diminuer l'obstacle qui consiste à ne pas pouvoir donner autant de temps qu'il le voudrait à un adulte qui réalise l'analyse technologie prévue dans la SA. Cette solution pourrait s'intégrer dans certains centres, mais amènerait sans doute de nouveaux obstacles d'une autre nature. Par exemple, pour les petits centres, il serait probablement difficile, voire impossible, financièrement, de maintenir des ratios de cinq ou dix adultes par enseignants dans un cours fermé donné à date fixe. De plus, le cheminement de l'adulte pourrait être retardé si le cours se donne une seule fois par année afin d'avoir des groupes de taille suffisante.

Dans ce chapitre, j'ai présenté les résultats de ma recherche en lien avec des extraits des verbatims des participants avec les participants. Ces résultats sont classés par thème et par

sous-thème en fonction des obstacles didactiques de Brousseau (1998). Parfois, la typologie de Thouin (2009) vient préciser certains sous-thème, offrant une autre perspective aux résultats. Parallèlement à la rédaction de ce chapitre, j'ai effectué les améliorations retenues directement dans la SA, dont le cahier de l'adulte apparaît à l'Appendice C⁴⁹. Dans le prochain chapitre, je discuterai des résultats obtenus en lien avec la recherche scientifique, j'énumérerai quelques recommandations en plus de conclure avec des pistes de réflexion.

⁴⁹ Ce cahier de l'adulte est celui développé dans le cadre de ce projet de recherche. La version originale produite antérieurement est disponible sur le site Web Alexandrie FGA : http://www2.carrefourfga.com/alexandrie/nouveau/ressource_detail.php?idRessource=2355.

6. Discussion

Mes réflexions en lien avec l'analyse des résultats de cette recherche sont présentées dans ce chapitre. Elles ont émergé pendant la transcription des entretiens, l'analyse des données et la rédaction du chapitre Résultats. Elles sont aussi le fruit de discussions avec mon directeur et ma codirectrice de recherche. Selon le modèle de RD de Harvey et Loïselle (2009), il s'agit de l'étape de la mise à jour des principes, c'est-à-dire l'étape qui fait ressortir « les caractéristiques essentielles du produit réalisé [...], élément important des résultats de recherche. » (p. 113) Cette étape est habituellement associée aux résultats, mais j'ai préféré l'inclure dans le chapitre de discussion afin de bien distinguer les résultats plus pratiques en lien avec la SA des réflexions plus théoriques entourant ma RD. La première section de ce chapitre porte donc sur les principes émergeant de la recherche et les recommandations pour les intervenants de la FGA. Un retour sur les objectifs de la recherche constitue la seconde section de ce chapitre. Finalement, la section concluant ce chapitre permet de résumer les résultats, de discuter des limites et de proposer des pistes de réflexion pour de nouvelles recherches.

6.1. Principes émergeant de la recherche

À la suite de l'analyse des données, « il devient possible de dégager de l'expérience de développement un ensemble de principes émergeant de la démarche. » (Harvey et Loïselle, 2009, p. 113) Ces principes peuvent alors être comparés à ceux du référentiel ou à ceux énoncés par d'autres auteurs en lien avec la RD. Parfois, ils peuvent être spécifiques à l'objet de développement (la SA). À d'autres occasions, ils peuvent être généralisables à d'autres objets de développement dans un contexte similaire. Étant donné l'absence de recherche en didactique des sciences et de la technologie en FGA en lien avec l'implantation des nouveaux cours, ces principes s'ajoutent aux connaissances actuelles en sciences de l'éducation et pourront être approfondis dans le cadre de recherches ultérieures.

6.1.1. Modifications majeures à la mise en situation

À la lumière des résultats, la question de recherche devant guider l'adulte dans la quête et l'analyse de son mécanisme n'était pas adaptée à ce cours et à la clientèle cible. La complexité de la question, de par le nombre de concepts présents et sa longueur, posait un obstacle majeur selon des participants. De plus, il était possible pour les adultes de poursuivre leur analyse technologique en mettant de côté ou en oubliant la question. Ces résultats m'ont amené à modifier le cœur de la situation. Dans la version originale, la problématique repose sur la quête d'une réponse à la question de recherche : Comment le choix des matériaux et la précision de l'assemblage et de l'usinage des pièces influencent-ils le fonctionnement d'un système de ce moteur? La tâche de l'adulte est alors de répondre à la question. Dans la nouvelle version, la problématique repose toujours sur le fait de mieux comprendre un mécanisme, mais cette fois, pour l'expliquer à quelqu'un à l'aide d'une présentation multimédia. Ce changement d'angle d'approche de la problématique concorde bien avec les conditions pour qu'une situation soit considérée comme un problème de Jonnaert et Vander Borgh (2009). En effet, la situation semble avoir plus de sens et être plus intéressante, puisqu'expliquer un mécanisme à quelqu'un se rapproche plus du vécu réel d'un adulte que le cadre scolaire d'une réponse à une question de recherche. La situation reste néanmoins ouverte, puisque plusieurs stratégies pour la traiter sont permises et l'adulte peut choisir le langage le mieux adapté pour sa présentation (schémas, images, vidéos, etc.).

Par ailleurs, la nouvelle version de la SA nécessite l'utilisation des TIC pour créer la présentation multimédia, soit la production finale attendue de l'adulte. Dans la version originale, cette option était proposée, sans être obligatoire. Cette amélioration n'est pas étrangère à l'application du Plan d'action numérique en éducation et en enseignement supérieur (2018a) présenté en juin dernier par le Gouvernement du Québec. Ce plan promeut l'intégration pédagogique des TIC au service de la réussite de tous. Dans la SA, les TIC amènent une valeur ajoutée. La prise de photos et de vidéos pourra certainement appuyer le travail de l'adulte, qui devra tout de même expliquer, dans sa présentation multimédia, sa compréhension du mécanisme étudié. La présentation multimédia pourra

certainement bonifier et faciliter l'explication du fonctionnement du mécanisme à une autre personne.

En somme, les situations doivent demeurer à la portée des adultes tout en offrant de multiples traitements possibles. Il semble probable que les participants voyaient l'obstacle de la question de recherche dans la mise en situation comme étant un frein à l'engagement de l'adulte dans les tâches proposées, puisqu'un adulte apprécie être dans son champ de connaissance et bien comprendre ce qu'il doit faire (Jonnaert et Vander Borgh, 2009). En simplifiant la problématique et en nommant la production finale attendue dès le départ, on s'assure du même coup de clarifier deux éléments essentiels d'une SA mentionnés par Lamoureux, Boily et Coulombe (2015).

6.1.2. Choix de l'objet technologique

Au cœur de toute analyse technologique, il y a un objet ou une application technologique. Cette analyse permet de découvrir ou d'approfondir des concepts scientifiques et technologiques qui sous-tendent l'objet ou l'application (Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur, 2018b). Dans le cas de ma SA, le choix du moteur à quatre temps comme objet technique à analyser n'est pas anodin. D'abord, il s'agit d'un objet du quotidien. Même si l'adulte ne possède pas de tondeuse à gazon ou de voiture, il croise probablement dans son quotidien plusieurs voitures ou ateliers de mécanique automobile. Il s'agit donc d'un objet très connu, mais beaucoup plus dans son utilisation que dans sa compréhension générale. Cette SA vise donc à mieux comprendre cet objet fort complexe de notre quotidien, grâce auquel plusieurs concepts scientifiques et technologiques peuvent être découverts ou approfondis. Cela dit, cette complexité pourrait être vue par certains comme un défi insurmontable, alors qu'elle pourrait être considérée par d'autres comme une source de motivation. À l'aide des différents documents fournis avec la SA, dont le guide de démontage, l'analyse devient beaucoup plus accessible pour les adultes. L'idée initiale de la SA n'est pas de savoir démonter un moteur, mais plutôt d'en comprendre un mécanisme. Certains apprenants pourraient donc s'arrêter au mécanisme de démarrage du moteur, alors que d'autres iraient analyser le mécanisme de bielle et

manivelle situé au cœur du moteur. Dans tous les cas, il s'agit tout de même de mécanismes relativement complexes accessibles assez rapidement. Damphousse (2017) mentionne qu'en fonction de la complexité de l'objet et de la familiarité à réaliser ce type d'activité, la façon d'effectuer la démarche d'analyse technologique pourrait varier d'un apprenant à l'autre. Le choix d'un objet plus complexe offre donc la possibilité à l'enseignant de présenter une démarche d'analyse technologique peut-être différente de ce à quoi l'adulte est habitué. Par exemple, on ne démonte et ne remonte pas un stylo à bille de la même façon qu'un moteur à quatre temps. Dans ce dernier cas, les démarches de dissection mécanique⁵⁰ par systèmes ou en spirale présentées par Damphousse (2017) semblent les plus pertinentes. La première consiste à démonter l'objet en isolant chaque système, tout en observant le mouvement des pièces afin d'en comprendre le fonctionnement. L'objet est enfin remonté. La deuxième propose plutôt d'enlever les pièces une à une, puis de remettre l'objet en fonction⁵¹ afin d'observer le mouvement des pièces, et ce, tout au long du démontage. En effet, cette auteure recommande « d'enseigner la méthode par systèmes lorsque l'objectif pédagogique d'une activité, outre la compréhension du fonctionnement de l'objet, consiste à prendre conscience de l'importance d'un système dans un objet. » (p. 111) Elle complète en mentionnant que la dissection par systèmes est tout indiquée lorsque les apprenants doivent comprendre l'utilité d'un mécanisme de transmission ou de transformation du mouvement dans un objet. Selon cette auteure, l'enseignement de cette démarche semble prometteur pour la réussite de la SA dont le but est justement d'analyser un mécanisme⁵² d'un moteur à quatre temps. Cette idée d'enseigner une DAT rejoint les prescriptions ministérielles qui donnent une place importante dans l'enseignement aux démarches d'investigation en sciences et

⁵⁰ La dissection mécanique est une forme d'analyse technologique. Le mémoire de Damphousse (2017) offre plus de détails à ce sujet.

⁵¹ Dans le cas du moteur quatre temps, l'objet est remis en fonction de façon manuelle afin d'observer le mouvement des pièces de chaque mécanisme.

⁵² Comme mentionné dans le chapitre Résultats, dans la nouvelle version de la SA, le terme « mécanisme » est préféré à celui de « système », puisqu'il réfère à un système mécanique, ce qui est donc plus précis et bien adapté à la SA et au cours La mécanisation du travail.

technologie (MEES, 2018b). Une référence détaillée à cette démarche proposée par Damphousse (2017) est ajoutée au guide de l'enseignant.

Finalement, le lien direct avec le cours La mécanisation du travail, le gain de motivation de l'adulte et la nouveauté amenée par l'analyse d'un tel objet sont au centre de la décision du choix de l'objet à analyser dans la SA. Ces deux derniers éléments pourraient être variables en fonction des adultes présents dans la classe. À cet effet, je propose dans le chapitre Résultats de choisir un autre objet technique à analyser lorsque l'enseignant considère que c'est pertinent. Je suis d'avis que la démarche et les concepts scientifiques et technologiques enseignés resteront toujours plus importants que l'objet à analyser, d'où l'idée de modifier au besoin le choix de l'objet à analyser.

6.1.3. Analyse réelle ou virtuelle de l'objet technologique

Dans la version originale de la SA, il est prévu que l'adulte ait accès au moteur pour compléter son analyse technologique. Les photos et vidéos présents dans le guide de l'enseignant visaient surtout à permettre à l'enseignant de découvrir l'objet avant d'en faire l'achat. Puisque l'achat du moteur est mentionné par un participant comme un obstacle potentiel à la SA et que certaines photos du guide n'étaient pas claires selon une autre participante, j'ai décidé d'offrir une médiathèque complète à l'enseignant, comprenant des photos et vidéos de toutes les étapes du démontage et du montage du moteur. Certaines explications, surtout celles dépassant le cadre du cours, sont présentes dans les vidéos, augmentant ainsi les savoirs généraux des adultes. Pour un autre participant, c'était les techniques associées au démontage qui semblaient être un potentiel obstacle pour certains adultes. La médiathèque permet donc de minimiser ou de mettre de côté ces obstacles et d'offrir à l'adulte le matériel virtuel suffisant pour faire une analyse technologique d'un mécanisme du moteur. Un enseignant pourrait même choisir certaines vidéos pour un adulte, afin de compléter une explication dont il ne connaît pas tous les détails.

Malgré cette offre de ressources numériques accessibles gratuitement sur le Web, les participants à la recherche s'entendent sur le fait qu'avoir le moteur devant soi reste une bonne façon d'aborder la SA, qu'il soit déjà démonté ou non. Sur ce dernier point, un participant semble ambivalent. En effet, Philippe recommande d'offrir à l'adulte le moteur déjà démonté, afin de gagner du temps. Plus tard, il avance l'idée qu'on comprend mieux quand on démonte le moteur et que le choix d'offrir un moteur monté ou démonté à l'adulte dépend de notre vision du cours comme enseignant. Dans le premier cas, l'adulte prend le temps de démonter et de remonter le moteur, ce qui lui permet de peaufiner sa technique de montage et démontage, de mieux comprendre son mécanisme et aussi de mieux comprendre le moteur dans son ensemble. Dans le deuxième cas, le moteur est déjà démonté et l'adulte observe et analyse son mécanisme choisi, sans développer ses techniques ou mieux comprendre le moteur dans son ensemble. Cette contradiction illustre bien les choix déchirants que doivent faire les enseignants au quotidien. S'ils y consacrent plus de temps, l'analyse et la compréhension des concepts sont améliorées, mais le reste du programme doit être couvert en moins de temps. Et ce programme, comme le mentionne Philippe, est exigeant. En plus des démarches et des techniques, il y a un grand nombre de connaissances à construire en peu de temps.

Quoi qu'il en soit, selon les participants, offrir l'objet technique réel à l'adulte reste le meilleur choix didactique et rejoint les propos de Belletête (2015) lorsqu'il mentionne qu'un des moments dans sa recherche ayant le plus suscité l'intérêt situationnel des élèves était l'étape des manipulations réalisées dans le contexte de la démarche d'investigation scientifique.

Au final, pour un petit CFGA qui ne possède pas d'espace d'atelier dédié et qui offrira le cours à environ un adulte par année, l'achat du moteur ne sera peut-être pas la solution retenue. Par contre, à mon avis, la dissection mécanique réelle (le mot « réelle » est ici employé comme antonyme de « virtuelle ») d'un moteur reste la façon optimale d'utiliser la SA développée.

6.1.4. Situation d'apprentissage et démarche d'analyse technologique

Dans le Référentiel, deux concepts principaux sont mobilisés pour soutenir le développement de ma SA : l'approche par situation et la démarche d'analyse technologique (DAT). Les participants n'y ont cependant que très peu fait référence lors des entretiens. Premièrement, peu de commentaires ont remis en question l'approche par situation. Bien qu'un participant proposait d'utiliser le moteur et quelques éléments de la SA comme support à une activité de démonstration en classe, très peu d'obstacles ou de solutions en lien avec l'approche par situation ont été soulevés par les participants. Même si les données recueillies ne permettent pas d'expliquer ce résultat avec précision, il est légitime de croire que ce n'était pas un obstacle important pour eux et qu'ils adhéraient, dans l'ensemble, à cette approche. Le principal obstacle, soulevé clairement par Gilles, était la longueur de la phase de préparation, obstacle qui peut être minimisé assez facilement sans remettre en question l'approche pédagogique sélectionnée.

Deuxièmement, les commentaires en lien avec la DAT ont été très rares eux aussi. À la question posée pendant l'entretien de recherche au sujet de la pertinence de la section C, section dans laquelle l'adulte élabore son plan d'action, tous les participants ont voulu la simplifier, la clarifier, mais surtout la conserver. Cette section semblait en effet être importante pour eux. En outre, ils n'ont pas soulevé d'obstacles ou de difficultés explicites en lien avec l'enseignement de la DAT qui aurait nécessité de modifier l'approche ou l'angle sous lequel effectuer l'analyse technologique. Est-ce que le développement de cette démarche chez l'adulte est une préoccupation pour les participants? Les participants connaissaient-ils bien cette démarche? Il est difficile de répondre à ces questions en fonction des données recueillies. Néanmoins, Albert a toutefois proposé la solution d'offrir une vidéo aux adultes dans laquelle une DAT est modélisée, afin de bien les préparer à ce type d'approche. Bref, même si peu d'obstacles ou de solutions ont été mentionnés par les participants à ce sujet, ces derniers ne semblent pas remettre en cause l'enseignement de cette démarche.

6.1.5. Enseignement des savoirs scientifiques et technologiques

La SA, telle que proposée dans sa version originale ou améliorée, peut constituer à elle seule une bonne partie du cours La mécanisation du travail. Ceci peut être expliqué par le nombre de concepts abordés, le temps requis en atelier, la production finale demandée et la durée totale de la SA. En ce sens, ce n'est pas une SA que l'on donne en enrichissement ou en soutien à l'apprentissage à un adulte qui en a besoin. C'est une SA d'envergure incluse ou non dans sa planification globale du cours. Si l'enseignant la choisit, elle aura nécessairement une place importante dans le cours. Cette place, ou plutôt le moment dans le cours où elle est utilisée, est toutefois au choix de l'enseignant. Tous les participants suggèrent d'utiliser cette SA vers la fin du cours, afin que les adultes aient construit suffisamment leurs connaissances avant d'entreprendre cette SA à la fois complexe et ouverte. Je ne m'attendais pas à ce résultat, puisque les SA servent également à la construction des connaissances. Dans sa définition d'une SA, Riente (2010) mentionne qu'elle doit présenter un nouvel objet d'apprentissage. Dans le programme d'études Science et technologie de la FGA (2018b), on mentionne que les SA « orientent la construction et la mobilisation des connaissances ainsi que le développement des compétences disciplinaires et transversales. » (p. 11) La complexité et la nouveauté de l'objet technique à analyser et de la DAT semblent constituer pour les participants des nouveaux objets d'apprentissage suffisants pour cette SA. L'ajout de nouvelles connaissances à construire pendant la SA ne semble pas être à leurs yeux une option à privilégier, puisque la tâche est déjà suffisamment complexe. Selon eux, il s'agit plutôt d'une SA à utiliser pour mobiliser des connaissances acquises antérieurement dans le but de développer la deuxième compétence disciplinaire. En ce sens, l'enseignant doit s'assurer que l'adulte ait construit ses connaissances avant d'entreprendre la SA, par exemple avec d'autres activités ou SA. Cette dernière servira alors à consolider les connaissances apprises précédemment tout en développant sa maîtrise de la DAT, les techniques prescrites dans le programme et la compétence disciplinaire deux.

D'ailleurs, certains participants souhaitent que les nouveaux cours de troisième secondaire nommés Science générale⁵³ soient offerts dans leur centre aux adultes, donnant ainsi l'occasion de développer les connaissances en lien avec les mécanismes ou la schématisation, par exemple. Ainsi, pour les adultes suivant le cours La mécanisation du travail, la charge de travail et la complexité de certains concepts seront moindres, rendant l'apprentissage des concepts scientifiques et technologiques possiblement plus rapide. Il s'agit d'une solution permettant de rendre la SA plus abordable pour les adultes.

Du point de vue de l'enseignant, l'enseignement des savoirs⁵⁴ de la SA ne semble pas être un obstacle ou une difficulté. L'enseignant se pose plutôt des questions concernant le moment le plus propice pour réaliser ces apprentissages, les manières d'y parvenir, le matériel nécessaire et le contexte approprié. Puisque les guides d'apprentissage n'étaient pas encore disponibles au moment des entretiens de recherche et que les équipes d'enseignants n'étaient pas encore engagées dans l'implantation des nouveaux cours, il n'est à mon avis pas étonnant d'observer ce genre de résultats. En effet, un seul participant a planifié le cours entier et l'a offert à un adulte. Il est donc fort possible que les autres participants aient une vision moins globale du cours et de la progression des apprentissages. Les entretiens de recherche ont eu lieu bien avant que les équipes d'enseignants dans les CFGA travaillent activement à la planification de ce cours, d'où l'émergence de toutes ces questions. Malgré tout, les résultats obtenus indiquent clairement que la SA doit être utilisée une fois les concepts scientifiques et technologiques enseignés, idéalement en fin de cours. Pour moi, il s'agit là d'un principe émergent intéressant de cette recherche. Il semble être en lien avec l'étude de Swanson et Hoskyn (1998), citée dans Bissonnette, Richard et Gauthier (2006), qui mentionne que le contrôle du niveau de difficulté d'une tâche est une des composantes ayant le plus d'impact sur la performance des programmes d'intervention auprès des élèves en difficulté

⁵³ Il s'agit du titre des cours du nouveau programme d'études paru à l'été 2018. De niveau troisième secondaire, ils sont maintenant placés en quatrième secondaire comme cours optionnels. Il en est brièvement question à la section 3.4.

⁵⁴ Le terme « savoirs » réfère ici aux connaissances et aux techniques du programme d'études.

d'apprentissage⁵⁵. Dans ce type de programmes d'intervention efficace, « l'information est présentée dans une séquence allant du facile vers le difficile et du simple vers le complexe. » (p. 103) Ces auteurs citent d'autres études, celle d'Anderson (1983), celle d'Anderson, Simon et Reder (1997) et celle d'Anderson et Schunn (2000), qui stipulent que « le développement des compétences s'effectuait selon une séquence allant du simple vers le complexe, ou de l'élémentaire vers l'élaboré. » (p. 104) La compréhension et la maîtrise des connaissances constituent, pour eux, la première phase du développement d'une compétence. C'est un des éléments qui font dire à Bissonnette, Richard et Gauthier (2006) que « pour pouvoir aborder des situations nouvelles et complexes, il faut nécessairement avoir automatisé [...] un certain nombre de procédures de base. » (p. 105) Ces idées vont dans le même sens que celles des participants à ma RD. Pour eux, l'apprentissage des connaissances doit avoir lieu avant la tâche complexe que représente la SA. Ce résultat est pertinent dans le cadre de ma recherche, mais surtout pour la planification entourant l'enseignement de la SA (plus que pour la SA elle-même), puisque dès le départ, elle visait surtout le développement des compétences. Les participants semblent donc vouloir l'utiliser en ce sens et enseigner les connaissances nécessaires préalablement.

6.1.6. Différenciation pédagogique

Dans tous les CFGA des participants, le modèle organisationnel en place favorise l'enseignement individualisé, avec des entrées et des sorties variables, un choix d'horaire flexible et un respect du rythme de l'adulte. Ce contexte d'enseignement individualisé semble soutenir la création de parcours adaptés pour chaque adulte en formation, soit une forme de différenciation pédagogique que Prud'homme, Dolbec, Brodeur, Presseau et Martineau (2005) associent à une « préoccupation ancestrale cherchant à adapter l'enseignement aux différences individuelles pour assurer la progression de chacun. » (p. 3) Les participants interrogés apparaissent ouverts à modifier légèrement la SA en

⁵⁵ Bien que ces recherches concernent la formation générale des jeunes, on peut supposer qu'il en est de même pour les jeunes adultes fréquentant la FGA et possiblement même pour les adultes plus âgés.

fonction des adultes concernés. Certains proposent des changements dans les questions ou dans la façon d'y répondre, alors que d'autres pensaient offrir l'opportunité d'approfondir l'analyse demandée en fonction de l'intérêt suscité par la tâche. Cette différenciation paraît facilitante grâce à l'individualisation de l'enseignement et de la rétroaction offerte à l'adulte. En contrepartie, cet avantage se transforme rapidement en défi lorsque plusieurs adultes se trouvent en classe et nécessitent un suivi personnalisé. D'un point de vue de gestion du temps, dans une période de 120 minutes, dans une classe de 24 adultes, chacun bénéficie en moyenne de cinq minutes avec l'enseignant, d'où le défi d'offrir un enseignement différencié et des rétroactions de qualité. Malgré cela, les participants proposent eux-mêmes cette pratique dans l'intérêt de l'adulte.

6.1.7. Impact sur l'organisation scolaire

La SA mise à l'essai et développée dans le cadre de cette étude nécessite l'utilisation de l'atelier ou d'un espace-atelier dans la classe, alors que l'adulte déploie une DAT principalement liée au développement de la compétence disciplinaire deux. En fonction de l'évaluation ministérielle de ce cours, cette compétence réfère à la partie théorique du cours, alors que la partie pratique réfère à la compétence disciplinaire un. Ce découpage de l'évaluation se transpose souvent aux pratiques de la classe, ce qui n'est malheureusement pas dans l'esprit du programme d'études. Quoi qu'il en soit, c'est donc dire que l'adulte se rend à l'atelier pour cette SA, en plus de celles qui concernent principalement la partie pratique du cours. Cette gestion du temps consacré à l'atelier par l'enseignant n'est pas gérée de façon semblable dans tous les CFGA en fonction, entre autres, du lieu consacré à l'atelier. Néanmoins, l'utilisation de la SA nécessite que l'adulte et l'enseignant passent d'une à trois heures à l'atelier, ce qui a un impact non négligeable sur des éléments de l'organisation scolaire comme la tâche de l'enseignant et l'horaire du centre. Puisque ce nouveau cours de Science et technologie n'était encore implanté dans aucun des CFGA des participants et que chaque centre possède ses propres spécificités, il est impossible de dégager un modèle d'organisation scolaire unique qui soit à la fois intéressant et bien adapté à la SA et à d'autres SA semblables. Cependant, quelques-unes

des recommandations de la prochaine section concernant spécifiquement l'organisation scolaire, comme la présence en atelier d'un technicien en travaux pratiques.

6.1.8. Recommandations issues de l'analyse et de l'interprétation des résultats de la recherche

Quelques recommandations émergent de l'analyse et de l'interprétation des résultats afin d'exploiter le plein potentiel pédagogique de la SA. Puisque le cours concerné n'était pas encore implanté et qu'un seul participant a procédé aux deux mises à l'essai, soit la planification de la SA et sa réalisation en classe, ces recommandations sont parfois issues d'hypothèses ou de projections des participants, basées sur leur compréhension du cours et de la SA. Ces recommandations s'appuient également sur les principes émergeant de la recherche et s'adressent aux enseignants de sciences et technologie et à tout autre intervenant de la FGA qui considère être concerné.

- 1. Afin d'offrir un accompagnement et une rétroaction efficaces à l'adulte, je recommande une présence constante d'un enseignant ou d'un technicien en travaux pratiques à l'atelier en même temps que l'adulte.*

Cette présence à l'atelier n'est pas nécessairement exclusive à l'adulte qui utilise la SA : d'autres adultes en apprentissage pourraient y être en même temps. Ce moment où l'adulte met en œuvre son plan d'action à l'atelier est idéal pour accompagner l'adulte avec des questions de réflexion et pour enseigner des concepts scientifiques ou technologiques ou certaines techniques. Ce temps d'accompagnement investi pendant le démontage du moteur et son observation sera sans doute épargné lors de la rétroaction en lien avec la production finale attendue de la SA et permettra la réalisation d'une meilleure production par l'adulte. Si un tel accompagnement n'est pas déjà organisé dans le centre, des sommes devront sans doute être investies afin de le rendre possible. De plus, cette présence permettrait de minimiser ou d'écartier plusieurs obstacles soulevés par les participants comme la compréhension des concepts par l'adulte ou la crainte que l'adulte ne soit pas autonome dans le démontage du moteur.

2. *Je recommande de procéder à l'analyse technologique à l'aide d'un moteur à quatre temps réel plutôt qu'avec la médiathèque virtuelle.*

Bien qu'une médiathèque soit maintenant disponible avec la version améliorée de la SA, celle-ci est surtout destinée à être utilisée par des milieux d'enseignement particuliers comme les prisons et les pénitenciers, où l'utilisation en classe d'outils ou d'un objet technique complexe comme un moteur à quatre temps est difficile ou tout simplement impossible. Qu'il soit complètement, partiellement ou aucunement démonté, l'objet réel augmente la motivation de l'adulte à réaliser la tâche et facilite son analyse. En ce sens, Philippe mentionne que le démontage du moteur par l'adulte l'aide à comprendre et à avoir une vision globale et complète du mécanisme choisi.

3. *Je recommande l'enseignement des concepts scientifiques et technologiques nécessaires à la résolution de la SA avant son utilisation.*

En effet, le niveau des tâches demandées et la complexité de l'objet à analyser soutiennent cette recommandation⁵⁶. Si l'adulte n'a pas construit ses connaissances avant de réaliser son analyse technologique, la charge de travail sera considérable et risque de nuire au bon déroulement de la SA. De plus, il aura probablement besoin de demeurer plus longtemps à l'atelier, ce qui n'est pas toujours possible. Par ailleurs, cette séquence dans l'enseignement de la SA supprimera ou minimisera l'obstacle soulevé par les participants en lien avec les besoins préalables des adultes à l'utilisation de la SA.

4. *Je recommande d'adapter la SA en fonction des besoins de l'adulte et de la planification globale du cours de l'enseignant.*

Le souci d'efficacité était bien présent chez les participants. Une SA contenant des tâches redondantes par rapport aux autres SA de la planification du cours ou des analyses de mécanismes déjà bien connus des adultes ne serait pas optimale afin d'amener l'adulte à s'investir dans son analyse. Puisque la SA est disponible en

⁵⁶ La section 6.1.5 sur l'enseignement des savoirs scientifiques et technologiques soutient également cette recommandation et offre plus de détails sur ses fondements.

format électronique modifiable sous une licence permettant des ajustements par les enseignants, les conditions sont réunies afin de soutenir cette recommandation. Par exemple, l'enseignant pourrait modifier la production finale attendue ou le nombre de mécanismes à analyser en fonction de l'adulte ciblé et de sa planification globale du cours.

5. *Je recommande l'utilisation des TIC par l'adulte pour la production finale de la SA.*

En fonction de la recommandation précédente ou du matériel technopédagogique disponible en classe, un enseignant pourrait offrir à l'adulte de par exemple produire un texte écrit afin de répondre aux exigences de la SA. Cependant, je recommande fortement d'exploiter la créativité de l'adulte et de développer sa compétence à utiliser les TIC de façon efficiente pour sa production finale. Ainsi, en plus d'être en phase avec le Plan d'action numérique en éducation et en enseignement supérieur (2018a), cette production est facilement partageable par son auteur, ce qui rend la SA encore plus signifiante.

6. *Je recommande de fournir à l'adulte toutes les ressources dont il a besoin pour réaliser la SA, afin de le rendre le plus autonome possible.*

Cette recommandation tient compte de la définition d'une compétence. Selon de programmes d'études Science et technologie (2018b), un adulte compétent utilise et mobilise de façon efficace un ensemble de ressources, autant internes qu'externes. De plus, certains participants mentionnent clairement le souci de rendre l'adulte le plus autonome possible dans son apprentissage, puisque son éventuel manque d'autonomie se transforme en obstacle au bon déroulement de la SA. La mise à disposition des ressources offertes avec cette dernière comme les documents du Centre de développement pédagogique et le guide de démontage⁵⁷ ou de ressources externes comme un ordinateur et un manuel scolaire fait partie des conditions gagnantes au bon déroulement de la SA.

⁵⁷ Ces documents sont disponibles avec la SA originale au http://www2.carrefourfga.com/alexandrie/nouveau/ressource_detail.php?idRessource=2355 ou sur le site du CDP au <http://cdpsciencetechno.org/>.

7. *Je recommande que de la formation et de l'accompagnement soient offerts aux enseignants et aux techniciens en travaux pratiques qui en font la demande.*

Hormis les concepts de forces et de mouvements, tous les concepts prescrits pouvant être abordés dans le cadre de la SA sont nouveaux pour les enseignants de la FGA, c'est-à-dire qu'ils sont absents des programmes actuels de *Sciences Physiques 436* ou de *Physique 534*. En effet, le langage des lignes, les matériaux et l'ingénierie mécanique, par exemple, sont de nouveaux concepts à enseigner, bien que certains aient pu les aborder dans leur formation initiale. De plus, ces concepts s'inscrivent dans un programme d'études récent prescrivant l'utilisation de SA et le développement de compétences. Les démarches d'investigation, dont la DAT fait partie, peuvent également être méconnues des enseignants, d'où le besoin potentiellement élevé de formation et d'accompagnement.

8. *Je recommande que les CFGA offrent les cours de niveau troisième secondaire Science générale.*

Cette recommandation s'appuie sur la progression des apprentissages à la base du programme d'études Science et technologie et sur le temps nécessaire au développement des compétences disciplinaires. L'application de cette recommandation mettra de côté ou minimisera l'obstacle des besoins préalables mentionné par les participants.

9. *Je recommande d'uniformiser le vocabulaire utilisé dans la SA, mais aussi du cours La mécanisation du travail.*

Un vocabulaire accessible, simple et précis semble important aux yeux des participants afin de minimiser les obstacles liés à la compréhension du vocabulaire. Par exemple, j'ai choisi d'utiliser le mot « mécanisme » au lieu du mot « système » dans la SA développée, puisque le premier réfère spécifiquement à un système mécanique alors que le second est plus générique. Uniformiser le vocabulaire utilisé tout au long du cours est donc une bonne pratique.

10. *Je recommande le travail d'équipe pour les apprenants.*

Ainsi, en plus de pouvoir confronter leurs idées afin de mieux comprendre le mécanisme, les adultes pourraient s'entraider dans les différentes étapes du démontage et du remontage du moteur. Cette recommandation permet du même coup de rendre l'équipe plus autonome dans son apprentissage, bien que la rétroaction de l'enseignant soit toujours importante.

11. Je recommande l'allègement du programme d'études Science et technologie, puisque l'ampleur des connaissances à construire dans le cours La mécanisation du travail semble encourager les enseignants à faire des choix didactiques basés sur l'économie de temps plutôt que sur la qualité de la compréhension des adultes.

À cet effet, l'exemple de Philippe est intéressant. À la suite de sa mise à l'essai en classe, il suggère et prévoit, à l'avenir, offrir le moteur déjà démonté à l'adulte, dans un souci d'efficacité et de temps disponible à l'atelier. Cependant, il considère qu'un adulte ayant démonté lui-même le moteur comprendra mieux l'objet et le mécanisme analysé. J'interprète sa décision comme étant une réponse à la pression du milieu voulant une réussite des adultes dans un temps le plus court possible. C'est pourquoi un programme d'études allégé, c'est-à-dire avec moins de connaissances à construire, permettrait sans doute d'intégrer la mobilisation des connaissances et le développement des compétences dans une démarche d'investigation complète et signifiante pour l'adulte.

En somme, ces recommandations touchent le développement et l'utilisation en classe de la SA, mais également l'enseignement du cours La mécanisation du travail à la FGA. Elles peuvent inspirer la mise en place d'une organisation scolaire encourageant l'utilisation d'une telle SA ou une éventuelle révision du programme d'études.

6.2. Retour sur les objectifs de la recherche

Cette recherche m'a permis d'atteindre les trois objectifs que je m'étais fixés à l'Origine de la recherche. Premièrement, les entretiens réalisés avec les participants m'ont permis de documenter des obstacles ou difficultés en lien avec l'enseignement de la SA à la FGA. Parmi ces derniers, j'ai constaté que ceux d'origine didactique sont nombreux,

particulièrement ceux liés à la SA. Ces obstacles ou difficultés sont présentés dans un arbre thématique à la section 5.5. Deuxièmement, pendant ces mêmes entretiens, des solutions proposées par des participants ont également été documentées, permettant la création d'un second arbre thématique. Ces solutions ont fortement inspiré la réalisation du troisième objectif qui consiste à améliorer la SA en fonction des résultats des deux premiers. Une SA améliorée, qui est le fruit de cette recherche développement, est présentée à l'Appendice C de ce mémoire. Le guide de l'enseignant, disponible sur la plateforme Alexandrie FGA⁵⁸, et les recommandations présentées à la section précédente peuvent encadrer son utilisation en classe. Dans la conclusion, je fais un retour sur mes résultats de recherche en plus d'aborder certaines limites et pistes de réflexion.

⁵⁸ Le guide de l'enseignant (version 2019) ainsi que la médiathèque et tous les documents liés à la SA sont disponibles sur la plateforme Alexandrie FGA à l'adresse suivante : http://www2.carrefourfga.com/alexandrie/nouveau/ressource_detail.php?idRessource=2675.

7. Conclusion de la recherche développement

En guise de conclusion, je présente un retour sur les résultats de ma recherche développement en insistant davantage sur le produit final, soit la SA. J'expose aussi les principales limites entourant cette recherche tout en proposant différentes pistes de réflexion.

7.1. Retour sur les résultats de recherche

Cette recherche développement m'a fait rencontrer des enseignants d'expérience en FGA dont les points de vue sur la SA sont riches et variés. Les entretiens auprès d'eux au sujet de la SA m'ont permis d'améliorer cette dernière. Dans cette section, je fais un retour sur les principaux résultats de la recherche développement en lien avec l'amélioration de la SA.

Premièrement, la problématique de la SA, soit la raison de s'engager dans la tâche, est complètement transformée par rapport à la version originale. La complexité de la question de recherche dans la version originale est identifiée par les participants comme étant un obstacle d'origine didactique majeur. Cependant, peu de solutions sont suggérées, si bien qu'en me basant sur les propos de Philippe qui se dit motivé à comprendre le moteur à quatre temps puisqu'il doit l'enseigner à un adulte, j'ai modifié la problématique de la SA en ce sens. L'adulte, au lieu de répondre à une question complexe comme production finale, doit maintenant produire une présentation multimédia dans le but d'expliquer un mécanisme du moteur à quelqu'un. Ce changement améliore la compréhension de la tâche finale à accomplir par l'adulte et supprime l'obstacle de la question de recherche complexe.

Deuxièmement, dans les cas où l'accès à un moteur réel est difficile, voire impossible, une médiathèque est maintenant disponible afin d'offrir à l'adulte des vidéos et des photos lui permettant de compléter son analyse technologique. Bien que je ne recommande pas l'utilisation de la SA de cette manière, certains enseignants, s'ils veulent utiliser la SA,

n'auront d'autres choix que celui-là, puisque leur milieu ne permet pas l'achat ou l'utilisation d'un moteur à quatre temps en classe.

Troisièmement, les participants ont relevé plusieurs difficultés liées au vocabulaire et ont proposé des solutions pour améliorer la compréhension de certaines questions ou de certains concepts. Ceci s'explique sans doute par la présence de plusieurs adultes allophones dans leur classe ou d'adultes présentant des difficultés d'apprentissage. Les enseignants ont également à l'esprit de rendre l'adulte le plus autonome possible. De plus, un glossaire de termes techniques liés au moteur comme « arbre à cames » ou « vilebrequin » est ajouté à la SA améliorée afin de faciliter la compréhension de la nomenclature et le repérage des pièces, tout en utilisant les bons termes. Amoindrir ou supprimer les difficultés liées au vocabulaire est donc un élément important des résultats de cette recherche et des améliorations apportées à la SA.

Quatrièmement, l'ajout de vidéos présentant le fonctionnement global du moteur semble essentiel pour la majorité des participants. Bien que la SA ne porte pas sur une analyse technologique complète du moteur, ces vidéos permettent d'en comprendre le fonctionnement général et d'émettre des hypothèses sur les mécanismes présents dans l'objet. Ainsi, la phase de préparation de la SA devient plus concrète, facilitant du même coup l'élaboration du plan d'action de l'adulte.

Cinquièmement, afin de s'assurer du bon déroulement de la SA, un enseignement des concepts scientifiques et technologiques présents dans la SA est recommandé par les participants. L'intention pédagogique de l'enseignant sera alors le développement de la DAT, des techniques et de la compétence disciplinaire deux.

Finalement, le résultat le plus impressionnant reste avant tout la force d'une création collective, soit celle de la SA. Un auteur peut avoir une excellente idée, mais le fait de la confronter à la réalité de différents milieux et au regard de collègues enseignants d'expérience propulse la SA à un autre niveau. Ceci contribue à l'avancement des connaissances en didactique des sciences et de la technologie à la FGA, mais également à

l'amélioration des pratiques enseignantes. Face aux nombreux résultats de cette recherche développement, j'appuie totalement Thouin (2014) lorsqu'il écrit que « la recherche de développement est [...] l'un des types de recherche les plus importants en didactique. » (p. 74)

7.2. Limites

Cette section identifie quelques limites à ma recherche développement, notamment celle amenée par le changement de méthodologie en cours de route. Il est également question de la collecte de données qui aurait pu être bonifiée.

En premier lieu, la principale limite à cette recherche est la sous-représentation des mises à l'essai systématiques en classe par un enseignant et un adulte. À la suite des différents reports d'implantation des nouveaux cours, dont La mécanisation du travail, trois enseignants sur les quatre sélectionnés initialement n'ont pu procéder à une mise à l'essai de la SA en classe. Malgré le changement de méthodologie et l'ajout de participants (il y en a au final eu sept), un seul enseignant a utilisé la SA en classe avec un adulte, ce qui limite la portée de mes résultats de recherche. Malgré tout, ce sont sept enseignants d'expérience (et par ricochet, un adulte en formation) qui connaissent très bien la FGA et qui ont, à leur façon, permis d'améliorer la SA.

En deuxième lieu, il aurait été intéressant d'ajouter un outil de collecte de données consacré au vécu des adultes concernant la réalisation de la SA. Ces résultats m'auraient permis de les croiser avec ceux issus des entretiens semi-dirigés avec les enseignants et d'observer leurs convergences et divergences afin de prendre des décisions éclairées et appuyées sur des résultats concernant l'amélioration de la SA. Cependant, puisque l'implantation des nouveaux cours n'avait pas encore eu lieu, les adultes n'étaient pas tous habitués à l'approche du nouveau programme. Par exemple, l'adulte ayant fait le cours avec Philippe en était seulement à son troisième cours de Science et technologie au Québec. Néanmoins, ses commentaires auraient pu certainement bonifier certains aspects de la SA comme l'aide à l'apprentissage ou la qualité des ressources disponibles.

En troisième lieu, malgré le fait qu'ils soient des enseignants d'expérience, il semble qu'une formation préalable sur les SA et les démarches d'investigation ou un accompagnement en ce sens aurait été bénéfique pour les participants. Ces derniers auraient sans doute été plus critiques envers les caractéristiques de la SA ou la DAT proposée. Une meilleure compréhension du référentiel théorique de la SA n'aurait pu qu'améliorer les discussions entourant les obstacles ou difficultés identifiés et les solutions proposées en lien avec ces concepts.

Malgré ces limites, les résultats et les recommandations présentés dans ce mémoire contribueront sans doute à améliorer les pratiques enseignantes lors de l'implantation obligatoire des nouveaux cours à la FGA. De plus, une SA améliorée est désormais disponible gratuitement sur la plateforme Alexandrie FGA⁵⁹ pour utilisation dans un cours pour lequel il y a peu de matériel didactique disponible.

7.3. Pistes de réflexion

Cette première recherche sur le matériel didactique en sciences et technologie à la FGA au Québec ouvre la voie à de multiples pistes de réflexion sur le développement de SA dans cette discipline, mais également sur l'enseignement de cette dernière dans le cadre du Renouveau pédagogique. Voici quelques pistes de réflexion pouvant alimenter de futures recherches.

D'abord, un participant a soulevé l'idée que l'intérêt des adultes envers cette SA pourrait varier selon leur genre. Il serait intéressant de faire une étude en ce sens et de croiser les résultats avec des études sur le sujet à la formation générale des jeunes. Les retombées d'une telle recherche pourraient aider les enseignants de la FGA lorsqu'ils veulent différencier leur parcours didactique en fonction des adultes dans leur classe.

Il serait également intéressant de comparer l'efficacité de différentes approches entourant la construction de connaissances dans le contexte particulier de la FGA, où les

⁵⁹ La SA améliorée, ainsi que tous les documents améliorés qui l'accompagnent, sont disponibles au http://www2.carrefourfga.com/alexandrie/nouveau/ressource_detail.php?idRessource=2675.

apprentissages se font souvent de façon autonome par l'adulte. Les résultats de ma recherche suggèrent de construire ces connaissances scientifiques et technologiques avant d'entreprendre la SA, alors que le MEES (2018b), dans sa définition d'une SA, propose la construction et la mobilisation des connaissances à l'intérieur des SA. Pour préparer des planifications globales de cours plus efficaces, les enseignants pourraient s'appuyer sur les résultats de ces recherches.

De plus, des enseignants s'interrogent sur l'efficacité de SA – une nouvelle approche à la FGA – semblables à celle développée en lien avec la réussite du cours auquel est inscrit un adulte en formation. À la FGA, la réussite d'un cours s'obtient à la réussite de l'évaluation finale du cours⁶⁰. Lors de cette évaluation, les différentes étapes de la DAT ne sont pas toutes mobilisées et l'objet est représenté en deux dimensions, sur papier. Une recherche appréciant l'efficacité de SA semblables à celle développée permettrait d'évaluer la pertinence de les utiliser et, au final, d'améliorer les planifications globales de cours à la FGA et la réussite des adultes.

Finalement, de façon plus générale, et comme je l'ai souligné, il est essentiel de poursuivre la recherche sur l'enseignement des sciences et de la technologie à la FGA; le nombre d'études à ce palier étant très limité. Qui plus est, les résultats de recherche concernant cette discipline à la FGJ ne sont probablement pas tous transposables à la FGA. De plus, ce milieu constitue un tremplin essentiel pour les adultes désirant réorienter leur carrière, obtenir des préalables nécessaires pour le niveau collégial ou obtenir leur diplôme d'études secondaires. C'est pourquoi plus de chercheurs devraient s'intéresser à ce milieu et ainsi contribuer à l'avancement des connaissances en enseignement des sciences et de la technologie à la FGA.

⁶⁰ L'évaluation finale du cours compte pour 100 % de la note finale de l'adulte, c'est-à-dire que le résultat de l'évaluation finale est directement inscrit au relevé de notes de l'adulte.

Références

- Anadón, M., et Savoie-Zajc, L. (2009). Introduction : l'analyse qualitative des données. *Recherches qualitatives*, 28(1), 1-7.
- Anderson, J. R. (1983). *The architecture of cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Anderson, J. R., Reder, L. M., et Simon, H. A. (1997). Situative versus cognitive perspectives : Form versus substance. *Educational researcher*, 26(1), 18-21.
- Anderson, J. R., et Schunn, C. (2000). Implications of the ACT-R learning theory : No magic bullets. *Advances in instructional psychology, Educational design and cognitive science*, 1-33.
- Association québécoise des intervenantes et intervenants en formation générale des adultes. (2013). Mémoire de l'AQIFGA au conseil supérieur de l'éducation : au sujet des réformes du curriculum et des programmes, quinze ans après les états généraux sur l'éducation. St-Eustache, Qc.
- Astolfi, J.-P. (1997). *L'erreur, un outil pour enseigner*. Paris, France: ESF.
- Astolfi, J.-P., Darot, É., Ginsburger-Vogel, Y., et Toussaint, J. (2008). *Mots-clés de la didactique des sciences : repères, définitions, bibliographies* (2e éd.). Paris: De Boeck.
- Astolfi, J.-P., et Peterfalvi, B. (1993). Obstacles et construction de situations didactiques en sciences expérimentales. *ASTER*, 16, 103-141.
- Barma, S., et Guilbert, D. (2006). Différentes visions de la culture scientifique et technologique : défis et contraintes pour les enseignants. Dans Y. Lenoir, J. I. Lebeaume et A. Hasni (Éds.), *La formation à l'enseignement des sciences et des technologies au secondaire : dans le contexte des réformes par compétences*. Québec, Qc: Presses de l'Université du Québec.

- Barma, S., Vincent, M.-C., Massé-Morneau, J., et Cadieux-Gagnon, F. (2014). Un défi important à relever en formation des adultes : proposition d'ateliers pour soutenir les enseignants en contexte de transition. *Spectre*, 44(1), 11-13.
- Belletête, V. (2015). *Description de l'intérêt situationnel d'élèves du secondaire dans le contexte de mise en œuvre d'une démarche d'investigation scientifique en classe*. (Mémoire de maîtrise, Université de Sherbrooke). Repéré à https://savoirs.usherbrooke.ca/bitstream/handle/11143/8007/Belletete_Vincent_MA_2015.pdf?sequence=1.
- Besnard, P., et Liétard, B. (2001). *La formation continue* (6e éd.). Paris: Presses universitaires de France.
- Bissonnette, S., Richard, M., et Gauthier, C. (2006). *Comment enseigne-t-on dans les écoles efficaces? Efficacité des écoles et des réformes*. Saint-Nicolas, Québec: Les Presses de l'Université Laval.
- Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques : didactique des mathématiques 1970-1990*. Grenoble: La Pensée sauvage.
- Cervera, D. (1997). *Élaboration d'un environnement d'expérimentation en simulation incluant un cadre théorique pour l'apprentissage de l'énergie des fluides*. (Thèse de doctorat, Université de Montréal).
- Commission des États généraux sur l'éducation. (1996). *Les États généraux sur l'éducation 1995-1996. Rénover notre système d'éducation : dix chantiers prioritaires*. Québec: Ministère de l'Éducation du Québec.
- Conseil supérieur de l'éducation. (2013). *L'enseignement de la science et de la technologie au primaire et au premier cycle du secondaire : avis à la ministre de l'Éducation, du Loisir et du Sport*. Québec, Qc: Conseil supérieur de l'éducation Repéré à <http://collections.banq.qc.ca/ark:/52327/2316336>.
- Conseil supérieur de l'éducation. (2014). *Pour l'amélioration continue du curriculum et des programmes d'études : rapport sur l'état et les besoins de l'éducation, 2012-2014*. Québec, Qc: Conseil supérieur de

l'éducation Repéré à Accès au document
<http://biblio.uqar.ca/archives/31093002.pdf>.

- Damphousse, J. (2017). *La dissection mécanique réalisée par des élèves du secondaire en sciences et technologie: démarches employées et sens utilisés*. (Mémoire de maîtrise, Université du Québec à Trois-Rivières). Repéré à <http://depot-e.uqtr.ca/view/creators/Damphousse=3AJolyane=3A=3A.html>.
- Dionne, É. (2008). *Expérimentation d'un modèle d'évaluation permettant de juger du développement d'une compétence d'investigation scientifique en laboratoire*. (Thèse de doctorat, Université de Montréal). Repéré à https://papyrus.bib.umontreal.ca/xmlui/bitstream/handle/1866/6699/Dionne_Eric_2008_these.pdf.
- Doray, P., et Bélanger, P. (2014). Retirer à Pierrette pour donner à Alexandre ! Le développement de la formation générale des adultes au Québec. *Revue des sciences de l'éducation*, 40(2), 215-251.
<http://dx.doi.org/10.7202/1028420ar>.
- Doucet, P., Langelier, È., et Samson, G. (2007). Une démarche de conception en sept étapes 2e partie : La rétro-conception et la dissection mécanique. *Spectre*, 37(2), 30-33.
- Fédération des syndicats de l'enseignement (CSQ). (2012). *Regard sur les nouveaux programmes*. Communication présentée Réseau EDA, Québec, Qc.
- Fortin, M.-F., et Gagnon, J. (2016). *Fondements et étapes du processus de recherche : méthodes quantitatives et qualitatives* (3e éd.). Montréal, Qc: Chenelière éducation.
- Harvey, S., et Loisel, J. (2009). Proposition d'un modèle de recherche développement. *Recherches qualitatives*, 28(2), 95-117.
- Hasni, A., Belletête, V., et Potvin, P. (2018). *Les démarches d'investigation scientifique à l'école : un outil de réflexion sur les pratiques de classe*. Centre de recherche sur l'enseignement et l'apprentissage des sciences CREAS, Université de Sherbrooke : Chaire de recherche sur l'intérêt des jeunes à l'égard des sciences et de la technologie CRIJEST,

Université de Sherbrooke et Université du Québec à Montréal. Repéré à https://www.usherbrooke.ca/creas/fileadmin/sites/creas/documents/Publications/Demarches_Investigation_Hasni_Belletete_Potvin_2018.pdf.

- Hasni, A., Bousadra, F., et Marcos, B. (2011). L'enseignement par projets en sciences et technologies : de quoi parle-t-on et comment justifie-t-on le recours à cette approche? *Nouveaux cahiers de la recherche en éducation*, 14(1), 7-28. <http://dx.doi.org/10.7202/1008841ar>.
- Hasni, A., et Potvin, P. (2013). Développer et implanter des interventions pédagogiques favorisant l'intérêt en science et technologie en se basant sur la recherche. *Spectre*, 43(1), 8-12.
- Hulleman, C., et Harackiewicz, J. (2009). Promoting interest and performance in high school science classes. *Science*, 326(5958), 1410-1412. <http://dx.doi.org/10.1126/science.1177067>.
- Jonnaert, P. (1996). Apprentissages mathématiques en situation : une perspective constructiviste. *Revue des sciences de l'éducation*, 22(2), 233-252.
- Jonnaert, P., Barrette, J., Masciotra, D., et Yaya, M. (2006). *La compétence comme organisateur des programmes de formation revisitée, ou la nécessité de passer de ce concept à celui de "l'agir compétent"*. Genève: Bureau international d'éducation de l'UNESCO.
- Jonnaert, P., et Vander Borgh, C. (2009). *Créer des conditions d'apprentissage : un cadre de référence socioconstructiviste pour une formation didactique des enseignants* (3e éd.). Bruxelles: De Boeck.
- Knowles, M. (1996). Andragogy : an emerging technology for adult learning. 53-70. <https://www.nationalcollege.org.uk/cm-andragogy.pdf>.
- Lamoureux, J., Boily, V., et Coulombe, R. (2015). *Introduction à l'outil PRO : problématique*. St-Eustache, Qc: Alexandrie FGA.
- Lebrun, J., Bédard, J., Hasni, A., et Grenon, V. (2006). *Le matériel didactique et pédagogique : soutien à l'appropriation ou déterminant de l'intervention éducative*. Québec: Presses de l'Université Laval.

- Legendre, R. (2005). *Dictionnaire actuel de l'éducation* (3e éd.). Montréal: Guérin.
- Loiselle, J., et Harvey, S. (2007). La recherche développement en éducation : fondements, apports et limites. *Recherches qualitatives*, 27(1), 40-59.
- Martinand, J.-L. (1986). *Connaître et transformer la matière : des objectifs pour l'initiation aux sciences et techniques*. Berne: Peter Lang.
- Ministère de l'Éducation, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche. (2015). *Programme d'études Science et technologie*. Québec: Gouvernement du Québec Repéré à http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site_web/documents/dpse/educ_adulte_action_comm/Prog_Science_et_technologie_FBD_fr.pdf.
- Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport. (2005). *Cadre théorique : curriculum de la formation générale de base*. Québec: Gouvernement du Québec Repéré à http://www1.education.gouv.qc.ca/sections/formationBase/pdf/cadre_theorique.pdf.
- Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport. (2007a). *Programme de formation de base commune : document de présentation*. Québec: Gouvernement du Québec Repéré à <http://www.education.gouv.qc.ca/references/publications/resultats-de-la-recherche/detail/article/formation-de-base-commune-document-de-presentation/>.
- Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport. (2007b). *Programme de formation de l'école québécoise : enseignement secondaire, deuxième cycle : domaine de la mathématique, de la science et de la technologie : parcours de formation générale, parcours de formation générale appliquée*. Québec: Gouvernement du Québec Repéré à http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site_web/documents/education/jeunes/pfeq/PFEQ_sciences-technologie-deuxieme-cycle-secondaire.pdf.
- Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport. (2007c). *Programme de formation de l'école québécoise : enseignement secondaire, deuxième cycle*. Québec: Gouvernement du Québec Repéré à

http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site_web/documents/education/jeunes/pfeq/PFEQ_presentation-deuxieme-cycle-secondaire.pdf.

Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport. (2008). *La formation générale des jeunes : instruction 2008-2009*. Québec: Gouvernement du Québec
Repéré à
http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site_web/documents/dpse/formation_jeunes/Instruction2008-2009.pdf.

Ministère de l'Éducation du Québec. (1997). *Réaffirmer l'école : prendre le virage du succès. Rapport du Groupe de travail sur la réforme du curriculum*. Québec: Gouvernement du Québec.

Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur. (2018a). *Plan d'action numérique en éducation et en enseignement supérieur*. Québec: Gouvernement du Québec
Repéré à
<http://www.education.gouv.qc.ca/dossiers-thematiques/plan-daction-numerique/>.

Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur. (2018b). *Programme d'études Science et technologie*. Québec: Gouvernement du Québec
Repéré à
<http://www.education.gouv.qc.ca/references/publications/resultats-de-la-recherche/detail/article/formation-de-base-diversifiee-second-cycle-du-secondaire-science-et-technologie/>.

Ministère de l'Éducation et de l'Enseignement supérieur. (2017). *Conditions d'admission : programmes d'études conduisant au diplôme d'études collégiales*. Québec: Gouvernement du Québec
Repéré à
<http://www.education.gouv.qc.ca/references/publications/resultats-de-la-recherche/detail/article/conditions-dadmission-aux-programmes-detudes-conduisant-au-diplome-detudes-collegiales/>.

Nonnon, P. (1993). Proposition d'un modèle de recherche développement technologique en éducation. Dans B. Denis et G.-L. Baron (Éds.), *Regard sur la robotique pédagogique* (pp. 147-154). Liège: Université de Liège/I.N.R.P.

Paillé, P., et Mucchielli, A. (2010). *L'analyse qualitative en sciences humaines et sociales* (2e éd.). Paris: Armand Colin.

- Patton, M. Q. (1990). *Qualitative evaluation and research methods* (2e éd.). Newbury Park, CA: Sage.
- Potvin, P. (2011). *Manuel d'enseignement des sciences et de la technologie : pour intéresser les élèves du secondaire*. Québec: Éditions MultiMondes.
- Potvin, P., et Dionne, E. (2007). Réalités et défis de la réforme scolaire québécoise : une étude exploratoire de l'enseignement de la science. *McGill Journal of Education/Revue des sciences de l'éducation de McGill*, 42(3).
- Prud'homme, L., Dolbec, A., Brodeur, M., Presseau, A., et Martineau, S. (2005). La construction d'un îlot de rationalité autour du concept de différenciation pédagogique. *Journal of the canadian association for curriculum studies*, 3(1).
- Riente, R. (2010). Activités d'apprentissage, SAÉ et SÉ : quelques précisions. *Québec français*(158), 52-53.
- Rousseau, N., Théberge, N., Bergevin, S., Tétreault, K., Samson, G., Dumont, M., et Myre-Bisaillon, J. (2010). L'éducation des adultes chez les 16 à 18 ans : La volonté de réussir l'école...et la vie! *Éducation et francophonie*, 38(1), 154-177. <http://dx.doi.org/10.7202/039985ar>.
- Samson, G., Doucet, P., Langelier, È., et Guérin, M.-È. (2009). Apprendre la technologie pour comprendre et pour satisfaire sa curiosité. Dans P. Charland, F. Fournier, M. Riopel et P. Potvin (Éds.), *Apprendre et enseigner la technologie* (pp. 233-244). Québec, Qc: MultiMondes.
- Savoie-Zajc, L. (2004). La recherche qualitative/interprétative en éducation. Dans T. Karsenti et L. Savoie-Zajc (Éds.), *La recherche en éducation : étapes et approches* (3e éd., pp. 123-150). Sherbrooke, Qc: Éditions du CRP.
- Swanson, H. L., et Hoskyn, M. (1998). Experimental intervention research on students with learning disabilities: A meta-analysis of treatment outcomes. *Review of Educational Research*, 68(3), 277-321.

- Thouin, M. (2009). *Enseigner les sciences et les technologies au préscolaire et au primaire*. Québec, Qc: Éditions MultiMondes.
- Thouin, M. (2014). *Réaliser une recherche en didactique*. Montréal, Qc: Éditions MultiMondes.
- Tremblay, N. A., et Balleux, A. (1993). *La galaxie "auto" dans l'univers de l'andragogie. Une première analogie*. Communication présentée Autodidaxie, Université de Tours. <http://www.lerif.net/A-GRAF/membres/Textes/Autodidaxie.pdf>.
- Van der Maren, J.-M. (2003). *La recherche appliquée en pédagogie, des modèles pour l'enseignement* (2e éd.). Bruxelles: De Boeck.
- Voyer, B., Brodeur, M., Meilleur, J.-F., et Sous-comité de la Table MELS-Universités de la formation à l'enseignement des adultes. (2012). *État de la situation en matière de formation initiale des enseignantes et des enseignants en formation générale des adultes et problèmes dans les programmes actuels de formation à l'enseignement au Québec. Analyse, Constats et pistes de solution. Document de travail*. Montréal: Repéré à <http://www.crifpe.ca/nouvelles/nouvelles/download/55>.
- Voyer, B., Potvin, M., et Bourdon, S. (2014). Les transformations et défis actuels de la formation générale des adultes. *Revue des sciences de l'éducation*, 40(2), 191-213. <http://dx.doi.org/10.7202/1028419ar>.

Appendice A

Canevas des entretiens semi-dirigés

Premier entretien (mise à l'essai empirique)

Questions d'introduction pour le participant :

Quel est votre nom, votre titre et votre statut d'enseignant?

Depuis combien d'années enseignez-vous les sciences? Et depuis combien d'années à la formation générale des adultes?

Quelle est votre formation initiale?

Questions à développement :

À la suite de la première lecture de la situation d'apprentissage, pouvez-vous me parler de vos premières réflexions?

Ces réflexions ont-elles évolué pendant la planification de votre enseignement?

Ces réflexions étaient-elles différentes de celles que vous aviez eues à la lecture du programme d'études Science et technologie?

Pensez-vous que d'autres enseignants auraient les mêmes réflexions que vous?

Pouvez-vous décrire un moment dans lequel vous avez rencontré un obstacle en lisant la situation d'apprentissage ou en planifiant votre enseignement?

Quels obstacles ou nœuds de difficulté en lien avec les savoirs scientifiques et technologiques avez-vous identifiés dans la situation d'apprentissage?

Quels obstacles ou nœuds de difficulté en lien avec l'enseignement ou l'apprentissage avez-vous identifiés dans la situation d'apprentissage?

Est-ce que vous voyez un lien entre ces obstacles et les objectifs pédagogiques de la situation d'apprentissage?

Quelles solutions pourriez-vous mettre de l'avant pour éliminer, contourner ou minimiser ces obstacles?

Que pensez-vous de la question de recherche posée à l'adulte (Comment le choix des matériaux et la précision de l'assemblage et de l'usinage des pièces influencent-ils le fonctionnement d'un système de ce moteur?)?

Comment ce matériel pédagogique vous aidera-t-il à offrir le cours La mécanisation du travail?

Deuxième entretien (mise à l'essai systématique)

Questions d'introduction pour le participant :

Quand avez-vous mis à l'essai la situation d'apprentissage?

Dans quel contexte d'enseignement? Pendant combien de semaines?

Outre vos ressources personnelles, de quelle aide extérieure avez-vous bénéficié durant cette mise à l'essai?

Quels étaient les cheminements académiques en science et technologie des adultes qui ont fait cette situation d'apprentissage?

Questions à développement :

Depuis la première lecture de la situation d'apprentissage, comment vos réflexions sur cette dernière ont-elles évolué?

Quels obstacles ou nœuds de difficulté en lien avec les savoirs scientifiques et technologiques avez-vous identifiés pendant la mise à l'essai de la situation d'apprentissage?

Quels obstacles ou nœuds de difficulté en lien avec l'enseignement ou l'apprentissage avez-vous identifiés pendant la mise à l'essai de la situation d'apprentissage?

Pouvez-vous décrire un moment dans lequel vous ou l'adulte avez rencontré un obstacle dans la situation d'apprentissage?

Est-ce que vous voyez un lien entre ces obstacles et les objectifs pédagogiques de la situation d'apprentissage?

Quelles solutions pourriez-vous mettre de l'avant pour éliminer, contourner ou minimiser cet obstacle?

Quels obstacles voulez-vous conserver? Pourquoi?

Si vous aviez un seul obstacle (ou objectif-obstacle) à conserver à des fins d'apprentissage, lequel serait-ce? Pourquoi?

Maintenant, que pensez-vous de la question de recherche posée à l'adulte (Comment le choix des matériaux et la précision de l'assemblage et de l'usinage des pièces influencent-ils le fonctionnement d'un système de ce moteur?)?

Quelles autres modifications apporteriez-vous à la situation d'apprentissage pour un usage futur avec d'autres élèves et pourquoi?

Pensez-vous que cette situation d'apprentissage est en adéquation avec le programme d'études?

Cette situation d'apprentissage vous a-t-elle aidé à enseigner le nouveau cours La mécanisation du travail?

Quel genre de matériel pédagogique aimeriez-vous avoir pour donner ce cours?

Pensez-vous que cette situation d'apprentissage prépare bien les élèves à l'évaluation ministérielle de fin de cours?

Appendice B

Version originale de la situation d'apprentissage

SCT-4063

La mécanisation du travail



**Analyse technologique d'un système d'un moteur à
quatre temps**

Cahier de l'adulte

Votre nom : _____

Date : _____

Partenaire financier majeur :

Dans la situation d'apprentissage qui suit, vous apprendrez à mener à terme une analyse d'un système d'un objet technique tout en construisant votre opinion sur ce dernier.

Vous développerez ces compétences disciplinaires :

- mettre à profit ces connaissances scientifiques et technologiques,
- communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie.

Vous construirez des connaissances en lien avec :

- le langage des lignes (schémas et symboles);
- l'ingénierie mécanique (liaisons, guidages, construction et particularités des systèmes de transmission et de transformation du mouvement, etc.);
- les matériaux (types et propriétés, contraintes, etc.);
- la fabrication (usinage, mesures et contrôle);
- la force et le mouvement (force, types de forces).

Vous développerez ces techniques :

- langage graphique (schématisation et utilisation d'un logiciel de dessin vectoriel).

Vous suivrez également la démarche d'investigation technologique tout en utilisant la méthode d'observation qui consiste à :

- 1) planifier l'observation;
- 2) recueillir l'information;
- 3) interpréter les observations.

Durée approximative de la situation d'apprentissage :
entre 9 et 12 h.



Amusez-vous bien!

Mise en situation

Plusieurs objets techniques sont présents dans notre vie quotidienne. Ils combinent plusieurs de nos besoins et facilitent certaines tâches.

Prenons l'exemple d'une tondeuse à gazon à essence.



Sunset magazine, 1950. De alsis35 sur www.flickr.com



Wil C. Fry, www.flickr.com

De nombreuses évolutions technologiques ont permis d'améliorer la qualité de la fabrication et de l'assemblage des pièces de tondeuses et ont amené de plus en plus de personnes à les utiliser.

Le principe de fonctionnement est sensiblement le même d'une tondeuse à l'autre. Il en va de même pour les moteurs d'automobile et pour tous les autres engins motorisés.

Afin de mieux connaître les moteurs qui vous entourent, votre tâche consiste à analyser un système d'un moteur à quatre temps en répondant à la question suivante :

Comment le choix des matériaux et la précision de l'assemblage et de l'usinage des pièces influencent-ils le fonctionnement d'un système de ce moteur?

Pour répondre à cette question, vous devez choisir un mécanisme parmi ceux présents dans le moteur.

Ce mécanisme doit être :

- **un système de transmission du mouvement ou un système de transformation du mouvement.**

Pour analyser ce système, vous devez démonter en partie le moteur.

De plus, votre réponse peut prendre différentes formes (texte, schéma, vidéo, production orale, etc.).

Elle doit être accompagnée d'un rapport d'analyse qui contiendra :

- une analyse technologique comportant idéalement des photos ou vidéos du système étudié,
- un schéma de principe et un schéma de construction du système étudié accompagnés :
 - d'une explication détaillée du système choisi,
 - d'explications détaillées sur les liaisons et les guidages présents dans le système étudié.

Matériel à votre disposition :

- Moteur *Briggs and Stratton 675EX* à quatre temps,
- Plan de montage et de démontage du moteur,
- Outils pour le démontage et le remontage,
- Gants de mécanicien,
- Manuel Observatoire ou Synergie,
- Documentation du CDP,
- Ordinateur ou tablette connectés à Internet.

Mise en garde lors du démontage et remontage du moteur :

- Toujours enlever la bougie avant de démonter le moteur.
- Il n'est pas utile de tirer sur la corde de démarrage.
- Manipuler les pièces avec soin, certaines peuvent être coupantes.
- Protéger vos mains et vos vêtements, de l'huile peut couler.

A. Définir le problème

A1. Quel est le problème à résoudre? Veuillez répondre à la question dans vos mots.

A2. Quelles ressources pourront vous être utiles pour répondre au problème posé?

A3. Quelles sont les frontières de votre analyse? Encerclez les aspects choisis et expliquez pourquoi vous les avez choisis.

ESTHÉTIQUE HISTORIQUE TECHNIQUE/TECHNOLOGIQUE

SOCIAL FINANCIER ENVIRONNEMENTAL ERGONOMIQUE

SCIENTIFIQUE ÉTHIQUE

B. Énoncez vos idées initiales

B1. Que savez-vous déjà au sujet de la question posée (voir page 2)? Que devez-vous savoir?

B2. D'après vous, comment fonctionne un moteur à quatre temps?

B3. Quelle est la fonction globale du moteur?

B4. D'après vous, quels systèmes de transmission et de transformation du mouvement sont présents dans le moteur? (manuel Observatoire p. 437 et 447)

*Vous pouvez consulter le plan de montage et de démontage pour vous inspirer.

B5. D'après vous, quels matériaux ont été utilisés pour fabriquer le moteur? Expliquez vos choix. (manuel Observatoire p. 388 à 401)

C. Plan d'action

C1. Élaborez une liste d'actions que vous devrez poser à l'atelier pour faire face au problème. Cette liste peut être faite sous forme de tempête d'idées.

C2. Parmi les éléments de cette liste, quelles sont les principales actions que vous allez poser pour faire face au problème?

C3. Quelles ressources allez-vous mobiliser?

Faites approuver votre plan d'action par votre enseignant avant de vous rendre à l'atelier.

D. Vérifiez vos idées

Une fois à l'atelier, appliquez votre plan d'action.

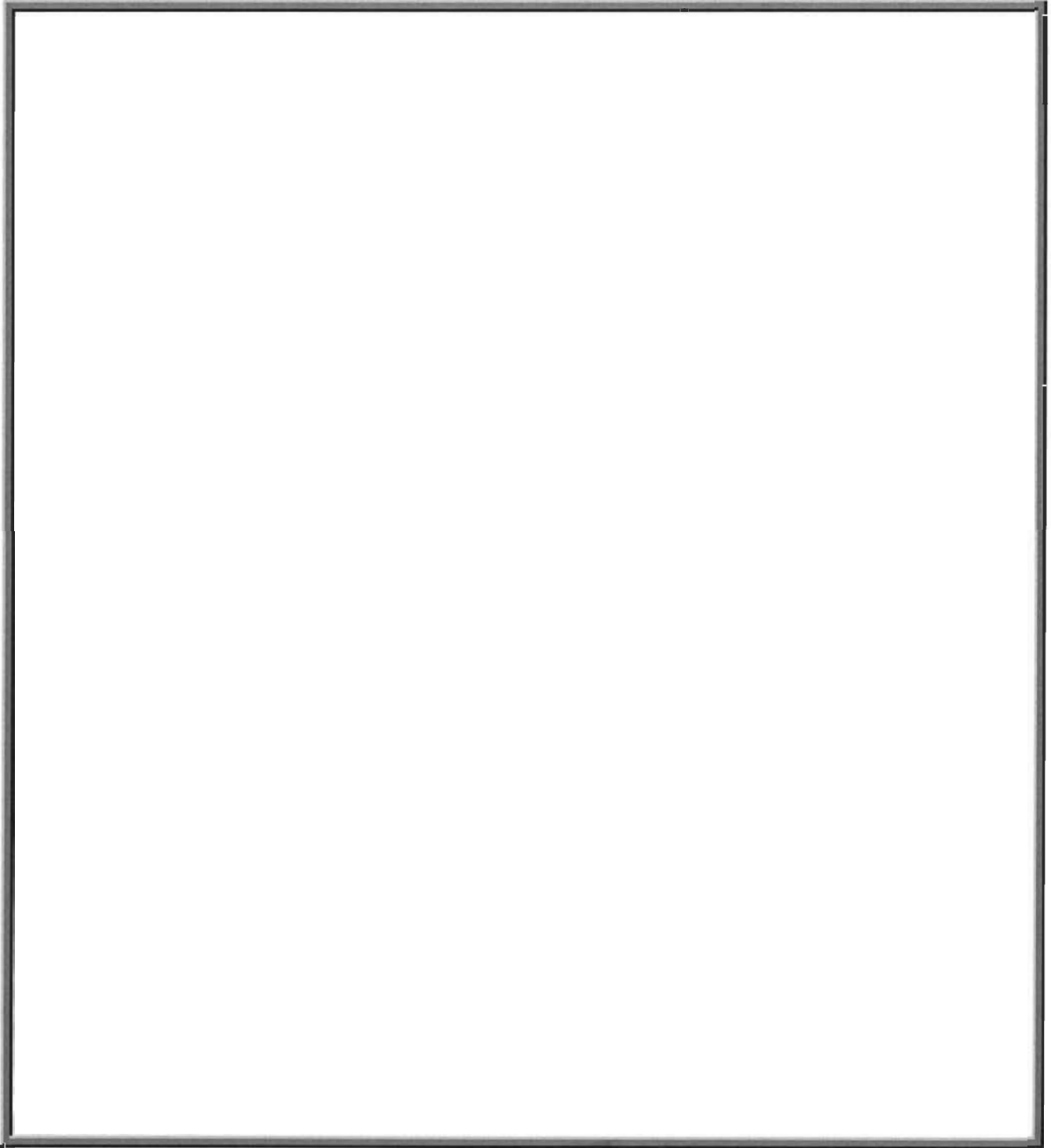
N'oubliez pas d'avoir en tête votre question de recherche.

De plus, avant de procéder au remontage du moteur, assurez-vous d'avoir pris suffisamment de photos ou de vidéos de votre système étudié utiles à votre compréhension. Vous ne pourrez pas revenir à l'atelier une fois le remontage terminé.

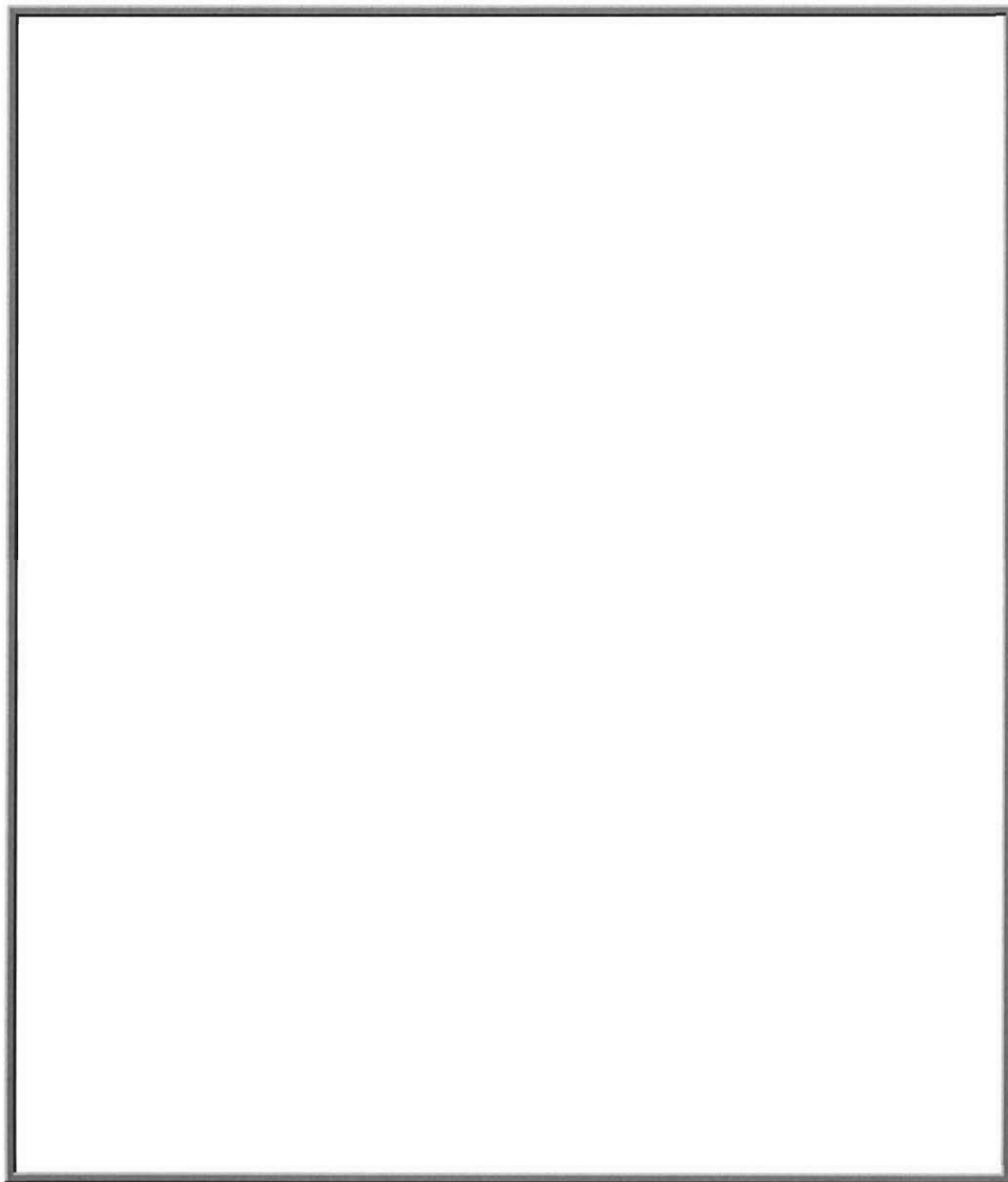
D1. Sélectionnez le système que vous étudierez. Validez votre choix avec votre enseignant.

D2. Déterminez la fonction de votre système.

D4. Faites le schéma de principe (format papier ou électronique) de votre système et joignez-lui une explication détaillée. Présentez votre schéma à votre enseignant.



D5. Faites le schéma de construction de votre système et joignez-lui une explication détaillée. Présentez votre schéma à votre enseignant.



D6. Voici quelques exemples de notions scientifiques étudiées dans le cadre de votre cours de science et technologie.

Liaisons entre des pièces	Degré de liberté d'une pièce	Adhérence et frottement entre les pièces
Propriétés des matériaux	Modification des propriétés des matériaux	Force
Changement de vitesse : couple moteur et couple résistant	Transmission ou transformation du mouvement	Autres notions possibles

Les concepteurs du moteur ont dû prendre en considération ces notions.

Faites un lien entre votre système étudié et une notion scientifique. Expliquez votre réponse.

D7. Dans votre système, expliquez une solution retenue à l'étape de la conception ou de la fabrication du système. Il peut s'agir d'une solution qui vous a surpris ou questionné.

Exemple d'un système qui n'est pas à l'étude dans le cadre du cours : Vous pourriez expliquer la synchronisation de l'allumage de la bougie qui est possible grâce au positionnement des aimants sur la roue de ventilation et de la magnéto.

E2. Selon vous, quelle pièce de votre système est la plus susceptible de s'abîmer avec le temps et nécessitera d'être changée? Justifiez votre idée.

E3. Lorsque vous irez au garage automobile, quelles nouvelles connaissances acquises dans cette SA pourront vous être utiles?

E4. Votre plan d'action (section C) était-il bien planifié? Quelles modifications y avez-vous apportées en cours de route et pourquoi?

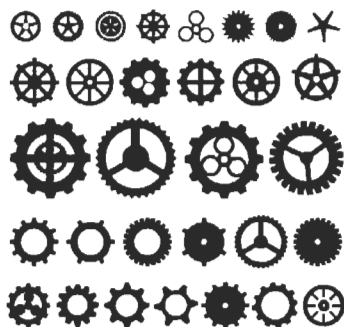
E5. Qu'avez-vous fait lorsque vous avez rencontré des difficultés?

E6. Avec le recul, est-ce encore la meilleure stratégie à utiliser? Sinon, laquelle pourriez-vous utiliser la prochaine fois?

E6. Quelles qualités ou aptitudes vous êtes-vous découvertes lors de cette situation d'apprentissage?

Bravo! Vous venez de franchir un pas de plus vers la réussite de votre

Toutes les images sont tirées de <http://www.bigstockphoto.fr/>.



Appendice C

Version améliorée de la situation d'apprentissage

SCT-4063

La mécanisation du travail



**Analyse technologique d'un mécanisme d'un moteur à
quatre temps**

Cahier de l'adulte

Votre nom : _____

Date : _____

Partenaire financier majeur :

Dans la situation d'apprentissage qui suit, vous apprendrez à mener à terme une analyse technologique d'un mécanisme d'un objet.

Vous développerez ces compétences disciplinaires :

- mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques,
- communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie.

Vous construirez des connaissances en lien avec :

- le langage des lignes (schémas et symboles);
- l'ingénierie mécanique (liaisons, guidages, construction et particularités des mécanismes de transmission et de transformation du mouvement, etc.);
- les matériaux (types et propriétés, contraintes, etc.);
- la fabrication (usinage, mesures et contrôle);
- la force et le mouvement (force, types de forces).

Vous développerez et mobiliserez ces techniques :

- langage graphique (schématisation et utilisation d'un logiciel de dessin vectoriel);
- montage et démontage.

Vous suivrez également la démarche d'analyse technologique tout en utilisant la méthode d'observation qui consiste à :

- 4) planifier l'observation;
- 5) recueillir l'information;
- 6) interpréter les observations.

Durée approximative de la situation d'apprentissage :
entre 9 et 12 h.

Amusez-vous bien!



Mise en situation

Plusieurs objets techniques sont présents dans notre vie quotidienne. Ils combinent différents besoins et facilitent certaines tâches.

Prenons l'exemple d'une tondeuse à gazon à essence.



Sunset magazine, 1950. De alsis35 sur www.flickr.com



Wil C. Fry, www.flickr.com

Le principe de fonctionnement est sensiblement le même d'une tondeuse à l'autre. Il en va de même pour les moteurs d'automobile et pour tous les autres engins motorisés.

Afin de mieux comprendre les moteurs à quatre temps⁶¹ qui vous entourent, votre défi consiste à analyser un mécanisme d'un moteur à quatre temps et à le présenter à l'aide des technologies de l'information et de la communication de votre choix. Dans cette présentation, vous expliquerez le fonctionnement du mécanisme que vous avez sélectionné.

Pour ce faire, votre premier défi sera de choisir **un** mécanisme de transmission ou de transformation du mouvement parmi ceux présents dans le moteur. Par exemple, vous pourriez choisir le mécanisme incluant le piston, le mécanisme composé de roues dentées **ou** le mécanisme en lien avec l'arbre à cames⁶².

⁶¹ L'appellation moteur à quatre temps fait référence aux quatre moments liés à la combustion de l'essence dans le moteur. Vous explorerez sans doute ces quatre moments dans votre défi.

⁶² Un glossaire situé à la fin de ce cahier définit certains termes techniques comme « arbre à cames ».

Pour analyser ce mécanisme, vous devez démonter en partie le moteur à l'aide du guide de démontage fourni.

De plus, votre présentation doit contenir les principaux éléments de votre rapport d'analyse, soit :

- un schéma de principe du mécanisme choisi accompagné :
 - d'une explication détaillée du mécanisme,
- un schéma de construction du mécanisme choisi accompagné :
 - d'explications détaillées sur les liaisons et les guidages présents,
- votre appréciation sur la qualité du mécanisme choisi en lien avec :
 - le choix des matériaux,
 - l'usinage des pièces,
 - l'assemblage des pièces.

Une fois votre présentation accomplie, libre à vous de la partager sur le Web afin d'aider d'autres personnes à mieux comprendre une partie des moteurs à quatre temps.

Matériel à votre disposition :

- moteur *Briggs and Stratton 675EX* à quatre temps,
- plan de montage et de démontage du moteur,
- outils pour le démontage et le remontage,
- aimant,
- gants de mécanicien,
- manuel *Observatoire* ou *Synergie*,
- documentation du CDP,
- ordinateur ou tablette connectés à Internet.



A. Définir le défi à accomplir

A1. Quel est le défi à accomplir? Veuillez répondre à la question dans vos mots.

A2. Quelles ressources pourront vous être utiles pour faire face à ce défi?

A3. Voici les deux aspects principaux liés à votre analyse technologique d'un mécanisme d'un moteur quatre temps.

ESTHÉTIQUE

HISTORIQUE

TECHNIQUE/TECHNOLOGIQUE

SOCIAL

FINANCIER

ENVIRONNEMENTAL

ERGONOMIQUE

SCIENTIFIQUE

ÉTHIQUE

En fonction du défi à relever, l'analyse technologique se concentrera sur ces deux aspects uniquement. Les autres pourraient être abordés dans des analyses différentes du même objet ou des analyses d'autres objets techniques.

B. Énoncer ses idées initiales

B1. Que savez-vous déjà au sujet du défi à accomplir? Que devez-vous savoir?

B2. Dans vos mots, expliquez comment fonctionne un moteur à quatre temps. Les vidéos suivantes peuvent vous aider à formuler votre explication et à repérer des mécanismes présents dans le moteur.

Vidéo 1 : <https://youtu.be/aSaq7ZgyLD0> ou code QR



Vidéo 2 : <https://youtu.be/8IQ5Xu7B1ZE>



Vidéo 3 : <https://youtu.be/jdW1t8r8qYc?t=56s> (0 : 56 à 2 : 10 avec sous-titres disponibles)



B3. D'après vous, quels mécanismes de transmission et de transformation du mouvement sont présents dans le moteur? (manuel Observatoire p. 437 et 447)

*Vous pouvez consulter le plan de montage et de démontage pour vous inspirer.

B4. D'après vous, quels matériaux ont été utilisés pour fabriquer le moteur? Expliquez vos choix. (manuel Observatoire p. 388 à 401)



C. Élaborer un plan d'action

Mise en garde lors du démontage et remontage du moteur :

- Déconnectez et enlevez la bougie avant de démonter le moteur.
- Ne tirez pas sur la corde de démarrage. Le faire est inutile et potentiellement dangereux.
- Manipulez les pièces avec soin, car certaines peuvent être coupantes.
- Protégez vos mains et vos vêtements, car des traces d'huile peuvent être présentes.

C1. Élaborez une liste d'actions que vous devrez poser à l'atelier pour relever votre défi. Ces actions sont en lien avec les manipulations à faire et les mesures de sécurité.

Exemples d'action : mettre en place le montage prévu, prendre des photos...

C2. Quelles ressources allez-vous mobiliser?

Faites approuver votre plan d'action par votre enseignant avant de vous rendre à l'atelier.

D. Vérifier ses idées en réalisant une analyse technologique

Une fois à l'atelier, appliquez votre plan d'action.

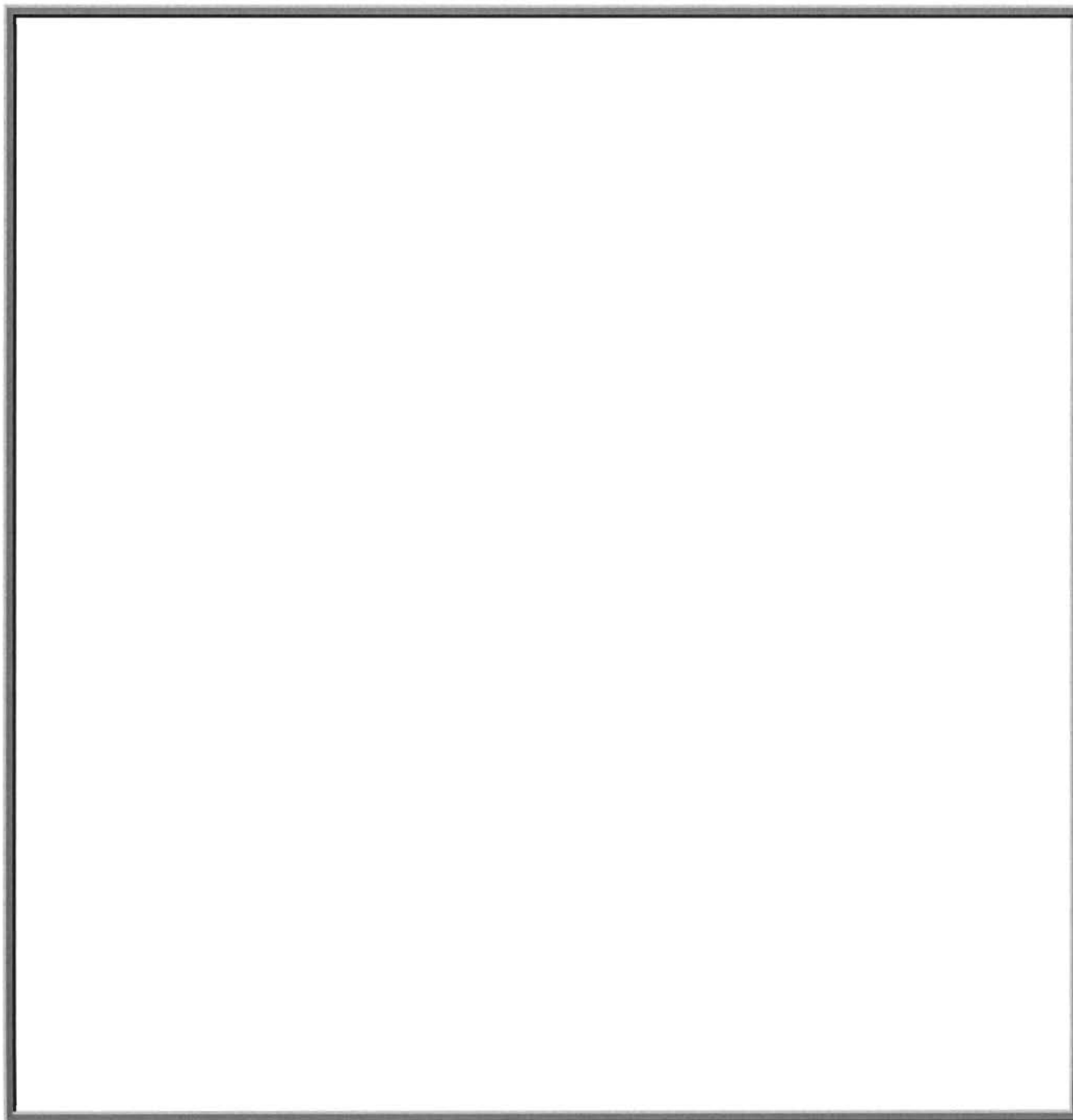
Plus tard, avant de procéder au remontage du moteur, assurez-vous d'avoir pris suffisamment de photos ou de vidéos du mécanisme que vous avez choisi. Ces photos ou vidéos seront utiles à votre compréhension, à votre présentation multimédia et au développement de votre appréciation. Vous ne pourrez pas revenir à l'atelier une fois le remontage terminé.

D1. Nommez le mécanisme choisi pour votre présentation. Validez votre choix avec votre enseignant.

D2. Déterminez la fonction de ce mécanisme. Autrement dit, quel est son rôle dans le moteur à quatre temps?

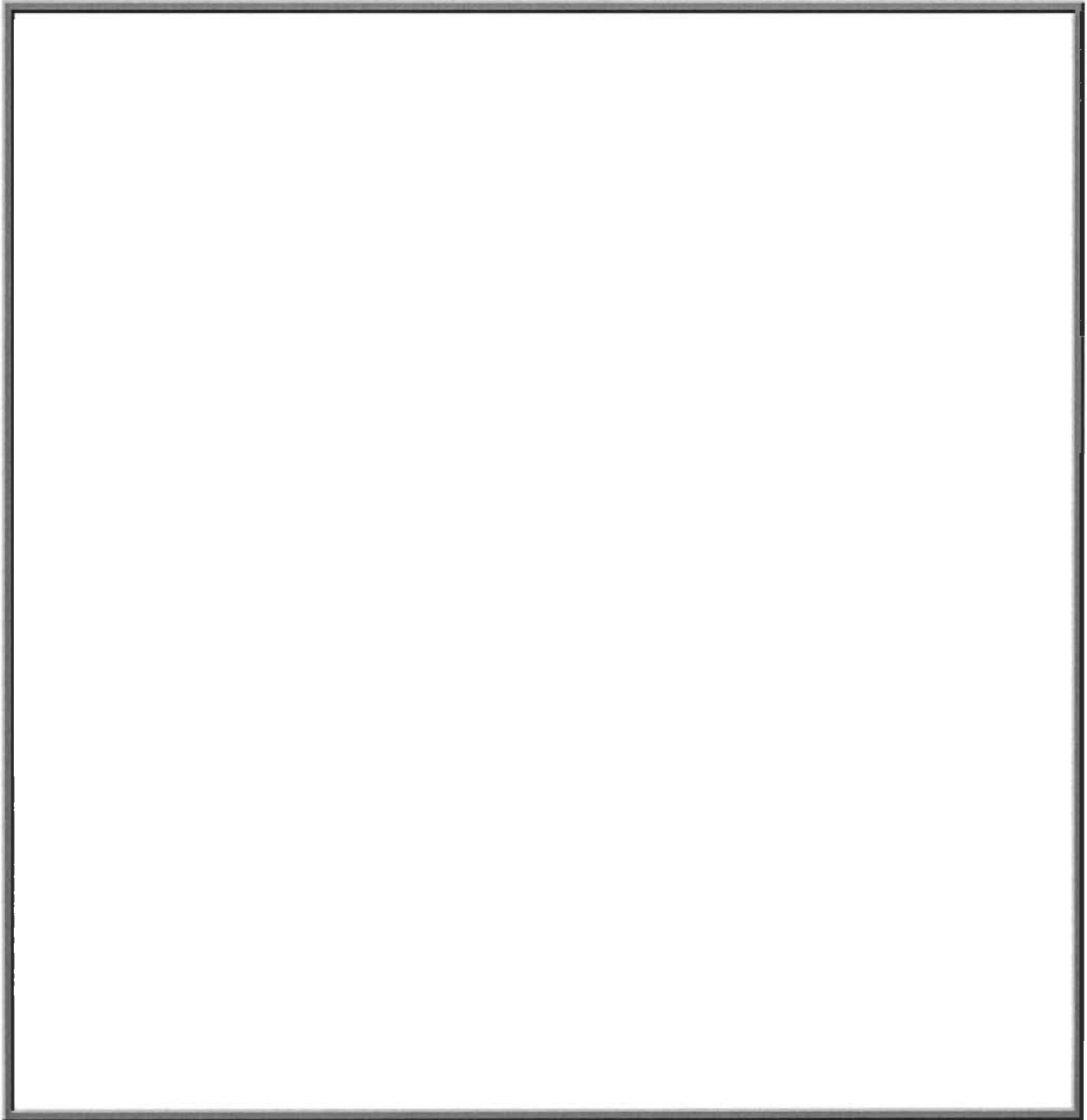
D3. Réalisez le schéma de principe (format papier ou électronique) de ce mécanisme et joignez-lui une explication détaillée. Le document *Initiation à la schématisation* du CDP et votre *Boite à outils* peuvent vous aider dans cette tâche.

Présentez votre schéma à votre enseignant.

A large, empty rectangular box with a thin black border, intended for the student to draw a schematic diagram of the mechanism. The box occupies most of the lower half of the page.

D4. Réalisez le schéma de construction (format papier ou électronique) de ce mécanisme et joignez-lui une explication détaillée sur les liaisons et les guidages présents. Le document *Initiation à la schématisation* du CDP et votre *Boite à outils* peuvent vous aider dans cette tâche.

Présentez votre schéma à votre enseignant.



D5. Voici quelques exemples de concepts scientifiques étudiés dans le cadre de votre cours de science et technologie.

Force	Degré de liberté d'une pièce	Adhérence et frottement entre les pièces
-------	------------------------------	--

Les concepteurs du moteur ont dû prendre en considération ces concepts.

Faites un lien entre le mécanisme que vous avez choisi et l'un de ces concepts scientifiques. Expliquez votre réponse.

D6. Dans votre mécanisme, expliquez une solution retenue par les ingénieurs à l'étape de la conception ou de la fabrication du mécanisme. Il peut s'agir d'une solution qui vous a surpris ou questionné.

Exemple de réponse possible en lien avec un mécanisme qui n'est pas à l'étude dans le cadre de ce cours. Vous pourriez expliquer la solution retenue pour la synchronisation de l'allumage de la bougie qui est possible grâce au positionnement précis des aimants sur la roue de ventilation et à la présence de la magnéto.

D7. Selon vous, quelle pièce de votre mécanisme serait la plus susceptible de s'abîmer avec le temps et nécessitera d'être changée? Justifiez votre idée.

E. Tirer des conclusions

E1. À la suite de votre analyse technologique, il est maintenant temps de tirer des conclusions et de préparer votre présentation multimédia. Vous la présenterez ensuite à votre enseignant et la diffuserez si vous le souhaitez.

L'espace ci-dessous vous est réservé pour planifier votre présentation. Cet espace peut être réorganisé et bonifié selon vos besoins.

Notes générales

Notes spécifiques sur certains éléments essentiels de la présentation :

Présentations des schémas :

Développement de l'appréciation sur la qualité du mécanisme choisi
en lien avec les matériaux :

en lien avec l'usinage :

en lien avec l'assemblage :

**Si possible, consultez votre enseignant pour discuter des questions suivantes et pour faire un retour sur vos apprentissages.*

E2. Lorsque vous irez au garage automobile, quelles nouvelles connaissances acquises dans cette SA pourraient vous être utiles?

E3. Votre plan d'action (section C) était-il bien planifié? Quelles modifications y avez-vous apportées en cours de route et pourquoi?

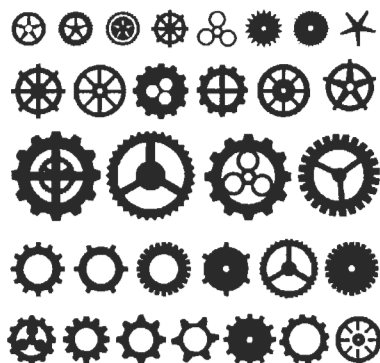
E4. Qu'avez-vous fait lorsque vous avez rencontré des difficultés?

E5. Avec le recul, est-ce encore la meilleure stratégie à utiliser? Sinon, laquelle pourriez-vous utiliser la prochaine fois?

E6. Quelles qualités (débrouillardise, autonomie, persévérance, etc.) ou aptitudes (habileté en dessin, capacité d'organisation des pièces, capacité à utiliser les TIC, etc.) vous êtes-vous découvertes lors de cette situation d'apprentissage?

Bravo! Vous venez de franchir un pas de plus vers la réussite de votre

Toutes les images sont de l'auteur ou tirées de <http://www.bigstockphoto.fr/>.



Glossaire

Terme français	Terme anglais	Définition
Arbre	Shaft	Axe qui reçoit ou transmet un mouvement rotatoire.
Arbre à cames	Camshaft	Arbre mécanique doté de cames qui assurent l'ouverture et la fermeture des soupapes d'un moteur à explosion.
Bielle	Connecting rod	Barre, tige rigide d'un système mécanique destinée à la transmission ou à la transformation d'un mouvement.
Bougie	Sparkplug	Dispositif d'allumage électrique dans les moteurs à explosion.
Boulon	Bolt	Organe d'assemblage constitué d'une vis et d'un écrou.
Came	Cam	Pièce mécanique dont le profil est conçu pour transformer un mouvement de rotation en un mouvement de translation.
Carburateur	Carburetor	Partie d'un moteur à explosion qui assure le mélange gazeux d'essence et d'air.
Clé dynamométrique	Torque wrench	Outil servant à serrer précisément des écrous en appliquant une force prédéterminée.
Clé à douille à cliquet	Ratchet socket wrench	Clé munie d'un dispositif à rochet et cliquet et à laquelle peuvent s'adapter des douilles de taille variable.
Pot d'échappement	Exhaust	Appareil cylindrique servant à détendre progressivement les gaz brûlés à leur sortie d'un moteur à explosion.
Culasse	Cylinder head	Partie supérieure amovible du bloc-cylindres d'un moteur à explosion.

Écrou	Nut	Pièce habituellement en métal, percée au milieu, dont le trou cylindrique comporte un filetage permettant de loger une vis.
Filtre à air	Air filter	Dispositif dans lequel on fait passer l'air pour le débarrasser de poussières et autres corps étrangers.
Huile à moteur	Engine oil	Substance visqueuse utilisée pour réduire les frottements entre deux surfaces en mouvement dans un moteur.
Jauge d'huile	Oil gauge or dip stick	Instrument de mesure du niveau d'huile présente dans le moteur.
Joint	Seal	Garniture assurant l'étanchéité d'un assemblage.
Joint (plat)	Gasket	Garniture assurant l'étanchéité d'un assemblage.
Joint de culasse	Cylinder head gasket	Joint d'étanchéité malléable entre la culasse et le bloc-cylindres.
Joint torique	O ring	Joint d'étanchéité en forme d'anneau.
Magnéto	Mag	Génératrice de courant électrique continu, où le champ magnétique qui crée l'induction est produit par un aimant permanent.
Moteur	Engine	Appareil destiné à transformer de l'énergie non mécanique en énergie mécanique.
Moteur à quatre temps	Four-stroke engine	Moteur à explosion dont le cycle est composé de quatre étapes (admission, compression, combustion et échappement) nécessitant deux allers-retours de piston.
Pignon	Gear	Roue dentée d'un engrenage.
Piston	Piston	Pièce mobile cylindrique qui se déplace dans un tube et transmet une pression.

Ressort	Spring	Pièce d'un mécanisme, constituée d'une matière élastique, qui tend à reprendre sa forme initiale dès que cesse l'effort qui s'exerce sur elle.
Rondelle	Washer	Pièce annulaire qu'on intercale entre un écrou et une pièce à serrer.
Segment	Ring	Anneau élastique d'un piston servant à assurer l'étanchéité du piston dans le cylindre.
Soupape	Valve	Obturateur mobile normalement maintenu fermé et qui peut laisser passer un fluide sous l'effet de la pression de celui-ci ou sous l'action d'un mécanisme.
Vilebrequin	Crankshaft	Dans un moteur à explosion, arbre articulé avec des bielles, qui transforme le mouvement rectiligne des pistons en un mouvement circulaire.
Vis	Screw	Tige filetée, généralement en métal, se fixant sans écrou et servant à l'assemblage de deux pièces.

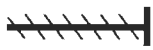


















Sources des traductions :

http://www.educauto.org/files/file_fields/2015/08/18/version_carnet_a4.pdf











<https://blog.desmonts.net/dictionnaire-auto-anglais-francais/>

Source des définitions : Antidote 9 de la compagnie Druide. Certaines définitions ont été complétées ou adaptées au moteur par l'auteur.

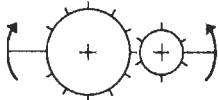
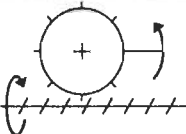
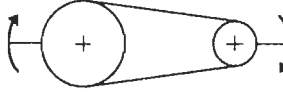
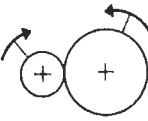
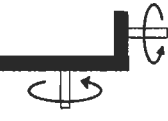
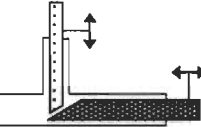

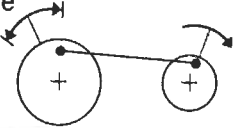
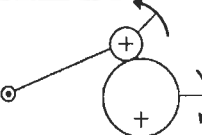
Tableaux des symboles normalisés

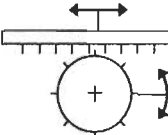
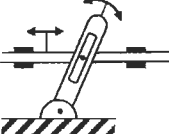
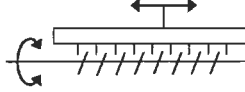
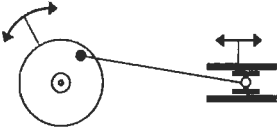
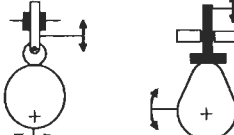

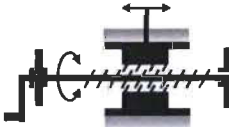

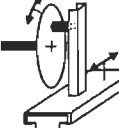
			
Vis	Écrou	Système vis et écrou	Liaison plane complète (2 surfaces)
			
Pièce libre en rotation et liée en translation	Pièce libre en rotation et en translation	Liaison complète	Pièce libre en translation et liée en rotation
			
Articulation cylindrique en porte-à-faux	Ressort en compression	Engrenage	Roue ou poulie
			
Articulation cylindrique à chape	Ressort en tension	Engrenage (vue de côté)	Poulie pour câble (vue de côté)
			
Articulation sphérique	Ressort angulaire	Crémaillère	

MOUVEMENTS ET CONTRAINTES

Type de mouvement	Symbole	Type de force	Symbole
Translation rectiligne à un sens		Flexion Forces qui ont tendance à plier un objet	
Translation rectiligne dans deux sens		Traction Forces qui ont tendance à étirer un objet ou à éloigner deux objets	
Rotation dans un sens		Compression Forces qui ont tendance à comprimer un objet ou à rapprocher deux objets	
Rotation dans deux sens		Cisaillement Forces qui ont tendance à couper ou à déchirer un objet	
Hélicoïdal		Torsion Forces qui ont tendance à tordre un objet	

Tableaux des symboles normalisés (suite)

<p>TRANSMISSION DU MOUVEMENT : Communication d'un même mouvement d'un organe à un autre, avec variation possible de la vitesse.</p>	<p>Engrenages</p> 
<p>Roue et vis sans fin</p> 	<p>Poulies et courroie</p> 
<p>Roues de friction (côte à côte)</p> 	<p>Roues de friction (verticale et horizontale)</p> 
<p>Système de coins</p> 	<p>Chaîne et roues dentées</p> 
<p>Manivelle-bielle-manivelle</p> 	<p>Came et galet</p> 

<p>TRANSFORMATION DU MOUVEMENT : Action mécanique qui change la nature du mouvement (rotation à translation ou translation à rotation).</p>	<p>Pignon et crémaillère</p> 
<p>Manivelle et coulisse</p> 	<p>Vis et crémaillère</p> 
<p>Bielle et manivelle</p> 	<p>Came et galet</p> 
<p>Vis et écrou</p> 	<p>Vis et écrou</p> 
<p>Vis et écrou</p> 	<p>Manivelle et coulisse</p> 

Source des tableaux : MEES