

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC EN OUTAOUAIS

DÉVELOPPEMENT DE LA COMPÉTENCE DE RÉOLUTION COLLABORATIVE
DE PROBLÈMES PAR LES ÉLÈVES DU PRIMAIRE LORS D'ACTIVITÉS
COMPLEXES EN ROBOTIQUE PÉDAGOGIQUE

PAR

MARIE-PIER DIONNE

MÉMOIRE PRÉSENTÉ AU

DÉPARTEMENT DES SCIENCES DE L'ÉDUCATION

COMME EXIGENCE PARTIELLE DE

LA MAITRISE EN ÉDUCATION

MARS 2020

MARIE-PIER DIONNE, 2020

Sommaire

Ce mémoire est né du besoin de documenter les apprentissages liés avec les activités en robotique pédagogique. Lors de plusieurs recherches menées avec ma première directrice Sandrine Turcotte, la facilité et même les prédispositions des élèves du primaire à comprendre le fonctionnement de la robotique pédagogique et surtout le haut niveau de raisonnement atteint nous ont fascinés. Ces précédentes recherches nous ont amenés à étudier le développement de la compétence de résolution collaborative de problèmes des élèves du primaire en robotique pédagogique dans ce mémoire. Nous avons donc identifié les composantes et sous-composantes développées durant des activités de trois niveaux de complexité graduelle, et ce, par le biais de la recherche design en éducation (*Design experiment*, Brown, 1992 ou *Design-based research*, The Design-Based Research Collective, 2003) alliant des modalités de collecte de données mixtes. Pour les activités du dernier niveau de complexité, le problème que nous avons proposé aux élèves était de nature scientifique et technologique. En ce sens, il a été question de lier la robotique pédagogique avec plusieurs aspects novateurs de la science et technologie : l'enseignement ambitieux (Stroupe, 2014), les dimensions du constructionisme (Papert, 1994), l'agentivité épistémique et les pratiques scientifiques (science practice) (Stroupe, 2015).

Remerciements

Il m'est primordial de souligner l'importance du soutien dont j'ai eu la chance de bénéficier durant la réalisation de ce mémoire. Je me suis lancée dans cette aventure avec les encouragements et le soutien inconditionnel de ma famille qui croit et croira toujours en moi et c'est ce qui me permet de foncer. Je leur en serai donc éternellement reconnaissante.

À travers toutes les étapes de ce mémoire, j'ai eu la chance de bénéficier des précieux conseils de plusieurs professionnels notamment Margarita Romero, Stéphanie Demers et André Moreau. Merci également à Sandrine Turcotte, ma première directrice, qui m'a donné confiance, soutenue et encourager à me lancer dans cette expérience enrichissante. Finalement, je tiens à remercier spécialement mon directeur, Marco Barroca-Paccard, pour son efficacité, son professionnalisme et sa générosité.

Finalement, rien de cela n'aurait été possible sans que les enseignantes participantes à cette recherche n'aient accepté de se lancer dans cette aventure. Elles se sont impliquées et ont fait preuve d'un grand professionnalisme. Je vous témoigne toute ma gratitude.

Enfin, merci à vous, de me lire. J'espère que ces recherches vous seront utiles.

Table des matières

Table des matières.....	ii
1. Chapitre I : La problématique	2
1.1 Les modèles d'enseignement conservateur et ambitieux	2
1.2 La RP une TIC à valeur ajoutée en science et technologie	4
1.2.1 Les spécificités de la robotique pédagogique.....	4
1.2.2 Le potentiel pédagogique de la robotique pédagogique.....	6
1.2.3 Le caractère novateur de la robotique pédagogique.....	7
1.3 Le contexte spécifique d'apprentissage de la robotique pédagogique	7
1.3.1 Les liens entre la robotique pédagogique et les compétences en science et technologie.....	8
1.3.2 Les liens entre la robotique pédagogique et les compétences en science et technologie dans un contexte québécois au primaire	9
1.3.2.1 Le travail collaboratif.....	9
1.3.2.2 La résolution de problèmes.....	10
1.4 Les questions et les objectifs de recherche	11
2. Chapitre 2 : Le cadre théorique.....	12
2.1 La robotique pédagogique dans une perspective constructionniste	12
2.1.1 L'apport de Seymour Papert.....	13
2.1.2 L'approche constructionniste	13
2.1.3 L'approche constructionniste dans un contexte de robotique pédagogique.....	15
2.2 La robotique pédagogique et la compétence de résolution collaborative de problèmes.....	16
2.2.1 La compétence relative au travail collaboratif	17
2.2.2 La compétence de résolution de problèmes	18
2.2.3 La compétence à résoudre des problèmes en collaboration	19
2.2.3.1 La composante 1: comprendre de façon collaborative.....	20
2.2.3.2 La composante 2: Résoudre des problèmes de façon collaborative.....	22
2.2.3.3 La composante 3: Organiser l'équipe.....	25
2.3 La complexité des activités en robotique pédagogique.....	27
2.3.1 Les activités de programmation et de construction procédurale de niveau 1	30
2.3.2 Les activités de niveau 2 de construction procédurale et de choix de programmation	31
2.3.3 Les activités de niveau 3 de conception d'une construction et d'une programmation.....	32
3. Chapitre III : La méthodologie.....	33
3.1 Le type de recherche	33
3.2 Les participants	34
3.3 Les modalités de la collecte de données	36
3.3.1 L'analyse du problème pratique	36
3.3.2 Le développement d'une solution à partir de cadres théoriques	38
3.3.3 L'expérimentation et l'évaluation de la solution dans un contexte pratique.....	39
3.4 Le plan d'analyse	41
3.4.1 Le traitement des données du premier objectif de recherche	41
3.4.2 Le traitement du deuxième objectif de recherche	42

4. Chapitre IV : Présentation des résultats	44
4.1 Déroulement de l'étude	44
4.2 Outils de collecte des données	45
4.2.1 La grille d'observation	46
4.2.3 Les entrevues	48
4.2.4 Le focus group	49
4.3 Les sous-composantes mobilisées lors des activités présentées en robotique pédagogique	49
4.3.1 La composante 1 : Comprendre de façon collaborative	50
4.3.1.1 Activités de niveau 1	54
4.3.1.2 Activités de niveau 2	?
4.3.1.3. Activités de niveau 3	
4.3.2 La composante 2 : résoudre le problème	54
4.3.2.1 Les activités de niveau 2	54
4.3.2.2 Les activités de niveau 3	56
4.3.3 La composante 3 : organiser l'équipe	61
4.3.3.1 Les activités de niveau 1	62
4.3.3.2 Les activités de niveau 2	62
4.3.3.3 Les activités de niveau 3	63
4.3.4 Bilan des sous-composantes mobilisées lors des activités présentées en robotique pédagogique	65
4.4 L'analyse de la relation entre le développement de la compétence à l'étude et le niveau de complexité des activités présentées	68
4.4.1 L'augmentation du nombre de sous-composantes mobilisées	69
4.4.2 Les résultats majoritairement élevés des élèves	73
5. Chapitre V : La discussion	75
5.1 Les activités de niveau 1 : Construction et programmation procédurale	76
5.2 Les activités de niveau 2 : Construction procédurale et choix de programmation	79
5.3 Les activités de niveau 3 : Construction procédurale et choix de programmation	85
5.4 Synthèse des grilles d'observation	93
6. Chapitre VI : La conclusion	94

La mission de l'école primaire québécoise est de :« (...) créer un environnement dans lequel l'élève s'approprie la culture de son milieu, poursuit sa quête de compréhension du monde et du sens de la vie et élargit l'éventail de ses moyens d'adaptation » (MEQ, 2001, p.2). Paradoxalement, plusieurs études démontrent que l'intérêt des jeunes à l'égard de la science et technologie diminue considérablement avec l'âge (Barmby, Kind et Jones, 2008; Cavas, 2011; Kirikkaya et Vurkaya, 2011; Potvin et Hasni, 2014) et, plus particulièrement, entre la fin du primaire et le début du secondaire (Osborne *et al.*, 2003; Sorge, 2007). Il s'agit d'un problème qui se doit d'être résolu : la qualité de l'enseignement de la science et technologie est d'une importance capitale pour les gouvernements au 21^e siècle (UNESCO, 2008). En effet, notre société est en constante évolution sur le plan scientifique et technologique : les milieux éducatifs doivent préparer les élèves à relever les défis qui découleront de ces avancées (UNESCO, 2008).

Pour susciter davantage l'intérêt des jeunes envers la science et technologie ainsi que pour proposer aux élèves des situations d'apprentissage qui représentent les avancées technologiques de notre société, plusieurs pays comme l'Estonie et l'Angleterre ont introduit la robotique pédagogique (RP) à leur programme de formation éducatif national (Porter, 2015; Ricci, 2015). En plus de motiver les élèves, il a été démontré que la RP permet le développement de plusieurs compétences disciplinaires (Benitti, 2012) qui s'apparentent à celles prescrites par le Programme de formation de l'école québécoise (PFÉQ) dans le domaine de la science et technologie : proposer des explications ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifiques et technologique (C1), mettre à profit les outils objets et procédés de la science et technologie (C2), communiquer à l'aide des langages en science et en technologie (C3) (MEQ, 2001). Sans dire que la robotique

pédagogique (RP) est l'unique solution pour valoriser cette matière scolaire auprès des élèves, il semble pertinent de regarder de plus près si elle pourrait faire partie de la solution.

Le mémoire qui suit vise donc à mettre en lumière la valeur ajoutée de l'intégration de la RP dans l'enseignement de la science et technologie au primaire quant à son effet sur le développement de la compétence de résolution collaborative de problèmes.

1. Chapitre I : La problématique

Tel que mentionné précédemment, il s'avère primordial d'identifier les causes de la diminution de l'intérêt des jeunes à l'égard de la science et technologie notamment dans le but de remédier à ce problème. De façon à répondre à cette interrogation, Stroupe (2014) a élaboré deux modèles d'enseignement de la science et technologie : conservateur et ambitieux. Dans le chapitre qui suit, les deux types d'enseignement sont explicités de façon à mieux comprendre les pratiques plus et moins favorables en ce qui concerne l'intérêt des élèves envers cette matière scolaire.

1.1 Les modèles d'enseignement conservateur et ambitieux

Contrairement aux pratiques réelles dans le domaine scientifique, l'enseignement conservateur de la science et technologie est défini comme étant théorique et transmissif, puisqu'elles sont enseignées comme une accumulation de savoirs (Stroupe, 2014). En effet, dans un contexte d'enseignement conservateur, les activités proposées sont linéaires, ne contiennent pas de problème réel à résoudre et visent à corriger les conceptions erronées en vue de trouver une seule bonne réponse (Lehrer & Schauble, 2007). L'enseignant transmet donc les savoirs (considérés comme étant véridiques) à l'élève qui demeure passif

(Papert, 1994). Ce type de pratiques contribue à la conception erronée qui présente la science et technologie comme pouvant être maîtrisée seulement par des experts ce qui place l'enseignant dans une position de seul détenteur de la vérité associée à une position d'autorité cognitive (Addelson, 1983). Puisqu'il est plus ou moins impliqué dans ses apprentissages, il n'est pas surprenant que l'élève ait une perception négative de ses compétences scientifiques et technologiques (Stroupe, 2014). Selon plusieurs auteurs, il est essentiel d'y remédier pour que les élèves augmentent leur engagement envers la science et technologie (Bryan, Glynn et Kittleson 2011). En ce sens, par opposition à l'enseignement conservateur, Stroupe (2014) présente le modèle d'enseignement ambitieux qui propose notamment de transformer le rôle de l'enseignant en le positionnant dans un rôle de facilitateur des apprentissages plutôt que d'autorité cognitive. Plus précisément, les idées des élèves influencent l'enseignant ambitieux dans la mesure où il adapte constamment son enseignement aux besoins des élèves pour proposer des situations d'apprentissages engageantes et authentiques (Stroupe, 2014). Dans le même ordre d'idées, l'intégration des technologies de l'information et de la communication (TIC)¹ se présente également comme étant une solution au manque d'intérêt observé quant à la motivation des élèves dans la pratique de la science et technologie (Gura, 2012 ; Park, 2015 ; Ruiz-del-Solar et Avilès, 2004). De plus, l'intégration des TIC qui est devenue obligatoire par le biais de la sixième compétence transversale du Programme de formation de l'école québécoise (MEQ, 2001) : « exploiter les technologies de l'information et de la

¹ Les TIC renvoient à un ensemble de technologies fondées sur l'informatique, la microélectronique, les télécommunications (notamment les réseaux), le multimédia et l'audiovisuel, qui, lorsqu'elles sont combinées et interconnectées, permettent de rechercher, de stocker, de traiter et de transmettre des informations, sous forme de données de divers types (texte, son, images fixes, images vidéo, etc.), et permettent l'interactivité entre des personnes, et entre des personnes et des machines. (Basque, 2005, p. 34)

communication ». Parmi l'abondance de TIC en vente sur le marché, la robotique pédagogique (RP) a retenu notre attention en raison du potentiel pédagogique qu'elle présente particulièrement quant à l'enseignement de la science et technologie.

1.2 La RP une TIC à valeur ajoutée en science et technologie

Dans le but d'expliquer en quoi consiste la RP, pour commencer, il sera question d'une description de ses spécificités dans le but de la comparer aux multiples autres TIC qui sont introduites dans les milieux scolaires au primaire. Par la suite, son potentiel pédagogique sera défini. Finalement, son caractère novateur sera présenté afin de la positionner dans une vision de pratique scientifique (*science practice*) (Stroupe, 2014).

1.2.1 Les spécificités de la robotique pédagogique

La RP comporte deux spécificités qui lui sont propres et qui la distinguent d'autres TIC :

La première est que le robot se distingue par sa nature d'objet réel et systémique qui s'oppose à celle d'artefact virtuel et intégré caractérisant le logiciel éducationnel sur l'ordinateur (Hsu, Chou, Chen, Wang & Chan, 2007). En tant qu'ensemble mécanique et électronique, le robot est un dispositif contrôlable par l'ordinateur (d'où le système ordinateur-robot) avec différents degrés de transparence (i.e., programmabilité) et interactivité (i.e., délai de feed-back). La seconde spécificité est sa disposition à pouvoir combiner l'apprentissage de la robotique et par la robotique : outre la maîtrise de l'objet technologique en soi, l'implémentation des robots comme objets et outil éducatifs propose la possibilité de donner un habillage tangible aux contenus et aux exercices scolaires. Par conséquent, ses finalités éducatives sont davantage tributaires de la structure hardware et software des différentes typologies de robots. (Gaudiello, Zibetti, 2013.p. 21).

En d'autres termes, dans un premier temps, la RP présente des spécificités qui lui permettent de se démarquer parmi les autres TIC, et ce, en ce qui concerne son aspect systémique comportant la construction du robot, la programmation du robot ainsi que le comportement du robot découlant de cette dernière (Gaudiello, Zibetti, 2013). Dans un deuxième temps, le comportement du robot, résultant de sa programmation, permet de concrétiser des notions scolaires pouvant être difficiles à comprendre pour les élèves notamment de par leur caractère abstrait (Gaudiello, Zibetti, 2013). Tel que le mentionne Stroupe (2014), de manière à innover notamment quant à l'enseignement plus conservateur de la science et technologie durant lequel l'élève est passif, l'élève doit porter le rôle d'agent épistémique. Ce rôle consiste essentiellement pour l'élève à s'engager dans une démarche de raisonnement consciencieuse à travers laquelle « il dispose du pouvoir d'évaluer, de valider et de justifier l'adéquation à la vérité des savoirs qui lui sont proposés » (Demers, Bachand, Leblanc, 2016). Pour ce faire, l'agentivité épistémique se fonde tout autant sur l'action que sur la collaboration (Demers, Bachand, Leblanc, 2016). Dans le contexte du travail collaboratif, il est question de mobiliser ces mêmes savoirs résultant d'un processus de réflexion collaboratif dans le but d'atteindre un objectif commun dont la solution n'est pas restreinte par l'enseignant en termes de possibilités (Algin, 2013). Ainsi, en cohérence avec cette définition, il s'avère pertinent de positionner l'élève dans un contexte de pratique scientifique (*science practice*) en mettant en contexte ses quatre dimensions (conceptuelle, sociale, épistémique et matérielle) qui seront définies davantage dans le chapitre suivant. Essentiellement, lorsque les élèves sont placés dans un contexte de pratique scientifique (*science practice*), ils apprennent en quoi consiste le travail de scientifique ainsi que les valeurs, les outils et les langages qu'ils utilisent

(Stroupe, 2015). De plus, ils sont amenés à vivre le quotidien des scientifiques et à recevoir des rétroactions quant à leur progression et leurs efforts pour s'engager dans un processus scientifique (Stroupe, 2015). En somme, les deux spécificités énoncées précédemment quant à la RP laissent entendre qu'elle pourrait s'avérer être un outil pédagogique ayant le potentiel de contrer la passivité des élèves lorsqu'il est question de l'enseignement de la science et de la technologie. Cependant, malgré le potentiel pédagogique de la RP, il n'en va pas de soi que son implantation à elle seule permet le développement de compétences.

1.2.2 Le potentiel pédagogique de la robotique pédagogique

Selon Romero et Laferrière (2015), les TIC peuvent démontrer leurs valeurs ajoutées par le biais des aspects pédagogiques suivants : le processus créatif menant à la création de contenu, la sollicitation des connaissances antérieures, la résolution de problèmes et la capacité à travailler en collaboration. Les activités visées par ce mémoire intègrent tous ces aspects ce qui pourrait impliquer des avantages considérables au plan pédagogique. Dans le même ordre d'idées, Seymour Papert (1994) a bâti le premier dispositif de la RP en gardant en tête que les TIC ne démontrent leur utilité que lorsqu'elles entraînent une évolution de tout l'environnement d'apprentissage comme Romero et Laferrière (2015) le préconisent elles aussi. La RP permet donc à l'apprenant d'approfondir les connaissances qui lui sont utiles (Papert, 1994). Les recherches de ce dernier ont également démontré que la RP accroît avec simplicité et de façon considérable le nombre d'occasions durant lesquelles on peut développer des stratégies personnelles lors d'activités scientifiques (Papert, 1994). En ce sens, plutôt que d'être positionné dans un rôle passif où l'enseignant lui dicte les informations qui sont jugées comme étant véridiques et importantes (Papert, 1994), l'élève devient un agent épistémique lui

permettant d'avoir un rôle de premier plan dans ses apprentissages, et ce, dans un contexte de pratique scientifique (*science practice*) (Stroupe, 2014).

1.2.3 Le caractère novateur de la robotique pédagogique

Une des particularités de la RP est qu'elle s'inscrit dans un processus de conception dont les résultats et les stratégies à adopter ne peuvent pas tous être prévus par l'enseignant ce qui contribue au fait de placer l'élève dans la position d'agent épistémique (Stroupe, 2014). C'est en partie ce qui la rend plus intéressante du point de vue pédagogique. En effet, de par leurs expériences antérieures, leurs intérêts et les différents problèmes proposés dans ce contexte d'apprentissage, les élèves créent des solutions qui peuvent être différentes les unes des autres en ce qui concerne le problème proposé (Papert, 1994). Ces dernières sont toutes acceptables puisqu'il n'existe pas une seule « bonne » réponse. Ainsi, les nouvelles fonctions (induites par les solutions trouvées qui se manifestent notamment par le biais de la conception du robot) peuvent faire évoluer les modèles des pratiques et renouveler à leur tour les finalités éducatives qui ont inspiré la construction de la technologie elle-même (Gaudiello et Zibetti, 2013, p.23).

L'enseignant délaisse donc son rôle de distributeur des connaissances (Kynigos, 2008) : sa tâche étant plutôt d'aider à rendre réalisable l'idée de son élève (Ilieva, 2010).

1.3 Le contexte spécifique d'apprentissage de la robotique pédagogique

Après avoir cerné en quoi consiste la RP ainsi que ces avantages pédagogiques, il s'avère important de définir le développement de compétences qu'elle peut engendrer dans le domaine de l'enseignement de la science et technologie. Dans le même ordre

d'idées, par la suite, des précisions seront apportées pour distinguer le contexte scolaire québécois.

1.3.1 Les liens entre la robotique pédagogique et les compétences en science et technologie

Plusieurs classes dans le réseau scolaire du Québec se sont munies de l'équipement nécessaire pour participer à des activités de RP au cours des dernières années. Toutefois, il est encore difficile de trouver des informations précises quant aux manifestations relatives aux différentes compétences mobilisées en RP. Il en est de même dans d'autres pays. Une récente recension des écrits évoque que 80% des recherches sur la RP traitent de la compréhension de concepts favorisés par la RP et reliés à la science, à la technologie, à l'ingénierie et aux mathématiques (STIM) (Benitti, 2012). L'objectif de ce projet de maîtrise est d'aller plus loin que la compréhension de concepts liée à la RP. En effet, la recension des écrits de Benitti (2012) montre que la RP s'avère un outil utile pour le développement des compétences relatives au travail collaboratif et à la résolution de problème. Par contre, l'auteure appelle à mieux définir ces dernières, puisque peu de détails sont évoqués quant aux compétences mobilisées en RP (Benitti, 2012). Cette recension des écrits démontre également le besoin de définir l'apprentissage de la robotique pédagogique pour les élèves de 11 et 12 ans, puisqu'aucun article recensé ne compte d'étude sur ce niveau d'enseignement (Benitti, 2012). L'ensemble des recherches consultées dans le cadre de ce projet de mémoire va dans le même sens. Ainsi, il est pertinent de mieux documenter les liens pédagogiques potentiels de la RP quant au développement des compétences en science et technologie prescrites par le PFÉQ pour les élèves de 5^e et 6^e année, puisque peu

de données empiriques ont été mises en lumière quant aux manifestations des compétences lors d'activités en RP (Benitti, 2012).

1.3.2 Les liens entre la robotique pédagogique et les compétences en science et technologie dans un contexte québécois au primaire

Dans le cadre de ce projet de mémoire, nous nous intéressons plus précisément aux compétences relatives au travail collaboratif et à la résolution de problèmes. Dans le même sens, le Programme de formation de l'école québécoise (PFEQ) prescrit le développement de ces compétences pour les élèves du primaire au Québec. Les paragraphes qui suivent visent donc à présenter les compétences du PFÉQ susceptibles d'être sollicitées lors d'activités de RP.

1.3.2.1 Le travail collaboratif

Comme c'est le cas d'autres activités qui nécessitent du matériel sophistiqué et/ou dispendieux à utiliser en classe, les élèves sont généralement amenés à travailler en équipe en RP. Cela crée un contexte idéal et incontournable pour développer les composantes de la compétence transversale relative au travail coopératif. Cette dernière se définit comme suit dans le PFÉQ : « l'occasion d'apprendre à planifier et à réaliser une action avec d'autres, d'apprendre la discussion en groupe et la concertation dans l'action en vue d'un objectif commun » (MEQ, 2001, p.34). Cependant, dans le cadre de cette recherche comme dans d'autres (Stahl et al, 2006), on parle plutôt de travail collaboratif, puisque le terme coopératif fait davantage référence à un partage des tâches (Dillenbourg, 1999). Dans le but de communiquer de façon efficace et précise lors du travail collaboratif, l'élève est également amené à mobiliser la troisième compétence en science et technologie lors des

activités en RP soit : « communiquer à l'aide des langages utilisés en science et technologie » (MEQ, 2001, p.154).

1.3.2.2 La résolution de problèmes

Lors d'une activité mettant à profit la RP, qui prend souvent la forme de défis, les élèves sont amenés à programmer leur robot dans un but précis : ils sont ainsi appelés à résoudre le problème proposé. Par exemple, lors du concours de robotique Zone01 2016², à travers une mise en situation de séisme, les élèves doivent concevoir un robot qui peut déplacer des objets pour construire une digue, afin d'éviter qu'un village ne soit emporté par une vague. Pour y arriver, les élèves doivent donc programmer leur robot afin qu'il trouve l'objet et le déplace à un endroit précis. À travers ce type de problème complexe, l'élève est amené à mobiliser la première compétence en science et technologie : « proposer des explications ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique » (MEQ, 2001, p.150). Lorsqu'ils recherchent une solution, les élèves doivent mobiliser également la deuxième compétence en science et technologie : « mettre à profit les outils, objets et procédés de la science et technologie » (idem, p. 152).

Van Merriënboer et Sweller (2005) avancent que les activités pédagogiques riches sur le plan des apprentissages requièrent généralement un processus de résolution de problèmes et des capacités de raisonnement c'est pourquoi nous nous intéressons particulièrement à cette compétence dans le cadre de cette recherche. En ce sens, le type d'activités visées dans ce projet s'avère plus complexe que les activités qui demandent de

² Organisme à but non-lucratif qui organise des compétitions de robotique provinciales, nationales et internationales à partir de défis qui varient chaque année. <https://www.zone01.ca/index.php/fr-ca/>

suivre les étapes du mode d'emploi notamment, puisque les élèves qui sont en mesure d'élaborer des stratégies cognitives et métacognitives investissent plus d'efforts mentaux que ceux qui utilisent des stratégies passives (Van Merriënboer et Sweller, 2005).

1.4 Les questions et les objectifs de recherche

Comme il a été mentionné précédemment, la RP peut susciter le développement de compétences notamment celles du domaine de la science et technologie. Plusieurs recherches consultées, dont il est question dans le chapitre suivant, mettent ainsi en commun les deux compétences ciblées précédemment et traitent alors de la compétence de résolution collaborative de problèmes (OCDE, 2015). Celle-ci sied particulièrement au potentiel pédagogique du type d'activité en RP ciblé dans cette étude. Tout au long de cette dernière, il sera question de définir plus précisément les composantes et sous-composantes de la compétence de résolution collaborative de problèmes qui permettent de décrire les apprentissages réalisés lors des activités en RP. De plus, nous tenterons de mettre en lumière la relation possible entre le développement de cette compétence et les différents niveaux de complexité des activités de RP présentées aux élèves.

Puisque les deux thèmes principaux de cette recherche soit la compétence de résolution collaborative de problèmes et la complexité des activités en (RP) ne semblent pas encore avoir été étudiés conjointement jusqu'ici, la question de recherche de ce projet est: comment les élèves du primaire développent-ils la compétence de résolution collaborative de problèmes lors d'activités complexes de conception et de programmation créative en robotique pédagogique ?

Dans le but de répondre à cette question, deux objectifs de recherche sont formulés :

1. Identifier les composantes et sous-composantes de la compétence de résolution collaborative de problèmes qui sont mobilisées lors d'activités complexes de conception et de programmation créative en RP
2. Analyser la relation entre le développement de la compétence relative à la résolution collaborative de problèmes et le niveau de complexité des activités de conception et de programmation créative en RP.

Dans le but de mettre en lumière les multiples liens effectifs qui uniraient la compétence à l'étude et le niveau de complexité des activités en RP visées, les sections suivantes visent à mieux définir ces deux concepts.

2. Chapitre 2 : Le cadre théorique

Le cadre théorique qui suit porte sur la description du type d'activités en robotique pédagogique (RP) que nous visons dans le cadre de cette étude. Afin de le définir, il est d'abord question de ses origines et donc de son concepteur Seymour Papert ainsi que du courant théorique qu'il a développé en lien direct avec la RP soit le constructionisme. Par la suite, le second concept décrit est la compétence de résolution collaborative de problèmes qui met en liens deux des compétences les plus citées quant au potentiel pédagogique des activités en RP : la compétence à résoudre des problèmes et la compétence relative à la collaboration. Finalement, le haut niveau de complexité des activités en RP est explicité dans le but de définir précisément le type d'activité en robotique dont il est question dans ce projet de mémoire.

2.1 La robotique pédagogique dans une perspective constructionniste

Seymour Papert est le fondateur de la RP et du courant constructionniste. De ce fait, dans le but de contextualiser la RP, les paragraphes qui suivent visent à décrire l'apport de Papert, à définir le courant constructionniste et à positionner la RP dans ce contexte d'apprentissage.

2.1.1 L'apport de Seymour Papert

Le pionnier le plus connu de la RP est Seymour Papert. Dès 1965, il était convaincu que l'ordinateur avait le potentiel de faire la différence en éducation (Goldberg, 1991). En ce sens, il a cherché à le rendre accessible en tant que moyen d'expression naturelle pour l'enfant qui lui permettrait de concevoir au lieu de consommer la technologie informatique (Goldberg, 1991). Vers 1967, après plusieurs années de recherches, Papert crée le *LOGO-Lego Project*, l'ancêtre de la RP que nous connaissons aujourd'hui (Goldberg, 1991). Il choisit de combiner la programmation informatique aux pièces emboîtables LEGO® qui sont très populaires auprès des enfants encore aujourd'hui (Goldberg, 1991). Son but était de construire une culture de l'informatique à l'école qui prendrait racine à l'extérieur de ses murs afin que les élèves puissent comprendre les principes fondamentaux de la programmation informatique lorsqu'ils construisent des structures à l'aide de LEGO® (Goldberg, 1991). Ces travaux ont lancé un courant pédagogique lié à la RP : le constructionnisme.

2.1.2 L'approche constructionniste

Bien que l'on puisse qualifier le constructivisme et le constructionnisme de paronymiques et que le constructionnisme ait été élaboré à partir du constructivisme, les deux courants présentent plusieurs divergences. En effet, à la base, Papert développa le

courant constructionniste en se basant sur la théorie constructiviste de Piaget (Ackerman, 2001). Comme pour le constructivisme, le constructionnisme s'oppose à l'enseignement traditionnel qui nécessite de fragmenter les savoirs et de les hiérarchiser (Papert, 1993). Papert (1993) affirme que ce type d'enseignement cherche à accélérer le passage au stade des opérations concrètes de Piaget alors qu'il considère que l'élève doit être placé en tant qu'agent épistémique dans son contexte d'apprentissage (Stroupe, 2014), et ce, dès un très jeune âge.

Papert considérait que la richesse des découvertes de Piaget résidait dans le fait qu'il ait étudié l'évolution des réflexions des enfants sur un grand intervalle d'année et, pour lui, la « description des modes de connaissances est bien plus importante que la question de savoir s'ils se suivent chronologiquement » (Papert, 1993, page 153). Avec le constructionnisme, Papert chercha à prolonger le stade sensorimoteur que l'on peut associer au moment où l'enfant est relié la majorité du temps au contexte immédiat. En ce sens, il veut proposer à l'enfant des situations à travers lesquelles il continue de développer des modes de pensées qui lui sont propres (Papert, 1993). Ce courant pédagogique propose que l'élaboration de connaissances se produise lorsque l'élève est engagé dans la conception d'une entité publique sujette à être présentée (Papert, 1991). Pour Papert (1991) cette entité peut prendre plusieurs formes allant du plus simple comme un château de sable sur la plage par exemple à beaucoup plus complexe telle qu'une théorie relative à l'univers. Il est convaincu que l'avènement de l'ère informatique permettra une plus grande liberté de raisonner (Papert, 1993).

Quatre principes sont à la base du courant constructionniste selon Mikropoulos et Bellou (2013). Le premier suppose un apprentissage par la conception de projets

significatifs partagés dans une communauté. Le deuxième implique la manipulation d'objets dans le but de concrétiser des phénomènes abstraits. En effet, tel que l'affirment Gaudiello et Zibetti (2013), la manipulation apporte un caractère tangible à des notions abstraites en science et technologie et agit comme facilitateur quant au raisonnement scientifique ainsi que dans le développement de compétences relatives à la science et technologie. Le troisième principe proposé par Mikropoulos et Bellou (2013) consiste en la compréhension de concepts abstraits et le développement de mécanismes de pensées provenant de différents domaines de connaissances. Finalement, le quatrième donne lieu à l'apprentissage de la pensée systémique (Mikropoulos, Bellou, 2013). Il s'agit essentiellement d'établir des liens de causes à effets entre les différents éléments en lien avec les activités en RP : la construction, la programmation et le comportement du robot (Griffin et Care, 2015).

2.1.3 L'approche constructionniste dans un contexte de robotique pédagogique

En RP, le constructionnisme est un courant pédagogique où l'apprenant crée un objet ou une entité (Alimisis et Kynigos, 2009) par le biais de plusieurs déconstructions et reconstructions du robot. L'élève est également amené à essayer plusieurs tentatives d'élaboration de programmation dans le but de répondre à un problème (Kynigos, 1995). En ce sens, Alimis et Kynigos (2009) considèrent que l'aspect du contrôle du robot est au centre du courant constructionniste. En effet, les dispositifs de la RP ont été conçus pour aider les élèves à comprendre la programmation de par sa rétroaction relative au comportement du robot (Alimis, Kynigos, 2009). De plus, la variété de comportements pouvant être exprimée par le robot ainsi que la sémantique derrière ces comportements permettent aux élèves d'utiliser la RP comme un média expressif (Alimis, Kynigos, 2009).

En somme, les activités en RP permettent aux élèves de représenter des concepts abstraits (ex. : le concept de degrés de rotations) en manipulant des objets concrets (construction du robot en LEGO®) ainsi que virtuels (programmation) (Mikropoulos, Bellou, 2013). La rétroaction qu'ils obtiennent par le biais du comportement du robot leur permet également de mieux comprendre l'interaction entre ce qu'ils ont construit et conçu dans le but d'apporter des modifications pour que leur conception corresponde plus exactement à leurs idées (Mikropoulos, Bellou, 2013).

Les quatre principes à la base du courant constructionniste (Mikropoulos et Bellou, 2013) peuvent être observés lorsqu'un élève réalise le type d'activité en RP visé par cette étude ce qui la placerait ainsi dans le courant constructionniste. Dans la même optique, ces quatre principes sont directement liés à la compétence de résolution collaborative de problèmes.

2.2 La robotique pédagogique et la compétence de résolution collaborative de problèmes

Plusieurs auteurs ont récemment étudié la compétence de résolution collaborative de problèmes au primaire, et ce, dans plusieurs pays : Australie, Finlande, Costa Rica, Pays-Bas, Singapour et surtout États-Unis (Care et Griffin, 2015; Chuang et al., 2004; Gaudiello, Zibetti, 2013; Hesse, Care et al., 2015; etc.). En cohérence avec les compétences du PFÉQ exposées précédemment, les paragraphes qui suivent permettent de comprendre comment il est possible de développer la compétence de résolution collaborative de problèmes lors d'activités en RP. Dans un premier temps, les activités de RP seront positionnées dans un contexte de pratiques scientifiques (*science practice*). Dans

le but de mieux cerner les différentes composantes de la compétence à l'étude, l'aspect collaboratif est décrit dans un deuxième temps. Par la suite, dans un troisième temps, il est question de la compétence à résoudre des problèmes. Finalement, le caractère indissociable des aspects social et cognitif (Dillenbourg, 1999) est expliqué puis situé dans le contexte d'activités en RP.

2.2.1 La compétence relative au travail collaboratif

Selon la théorie socioconstructiviste (Vygotsky, 1930), sur laquelle s'appuie le programme de formation de l'école québécoise, un apprentissage est d'abord réalisé non pas de façon individuelle, mais dans un contexte social (Alimis, Moro et al., 2007). En effet, le contexte collaboratif de travail amène le groupe à atteindre un niveau supérieur de raisonnement, puisque l'interaction avec d'autres apprenants et avec l'enseignant stimule la réflexion et permet de bâtir une compréhension plus complète fondée sur un partage d'idées (Alimis, Moro et al., 2007; *National Education Association* [NEA], 2014; Slangen, Keulen, Gravemeijer, 2011). Plus spécifiquement, dans un contexte de pratique scientifique (*science practice*), des chercheurs tels que Barton et Tan (2009) et Moje et al. (2004) étudient les contextes pédagogiques dans lesquels les élèves partagent leurs différents savoirs pouvant être autant théoriques que culturels et négocient le sens du problème notamment en remettant en question leurs représentations. De cette confrontation par le biais du langage résulte une réflexion davantage approfondie que lorsque l'élève réfléchit seul.

Un rapport publié par la NEA en collaboration avec le *Partnership for 21st Century Skills* (P21) qui regroupe 18 pays mentionne également que la compétence relative à la

communication est préalable et indissociable de la compétence collaborative. Ce même rapport spécifie que l'articulation des pensées et des idées de façon compréhensible à travers la parole rend possible les compromis nécessaires pour atteindre un objectif commun et assumer une responsabilité partagée qui mène au développement de la compétence collaborative (NEA, 2014). Plus précisément, les constituants de cette compétence se définissent comme la volonté d'être utile dans l'équipe, la capacité à faire des compromis et à faire preuve de souplesse dans le but d'atteindre un but commun (NEA, 2014). Dans le même sens, pour collaborer efficacement, les membres de l'équipe doivent coordonner des moments pour partager leur perception de la tâche et décider des stratégies à adopter dans le but d'établir un terrain d'entente qui satisfait chacun (Malmberg, Järvelä et al., 2015). Ainsi, le développement de la compétence collaborative mène à des apprentissages plus holistiques que les efforts individuels, puisqu'un plus grand nombre de personnes évoluent en termes de connaissances et de compétences (NEA, 2014). Il en est de même lorsqu'il est question de la compétence à résoudre des problèmes. Ce contexte d'apprentissage est donc bénéfique au niveau scolaire plus particulièrement quant à l'enseignement de la science et technologie dont il question dans cette étude.

2.2.2 La compétence de résolution de problèmes

Slangen, Keulen, et al., (2011) suggèrent qu'une approche d'investigation intégrant les observations, les modèles, les hypothèses, les prévisions et les expérimentations devraient faire partie intégrante de l'éducation scientifique et technologique au primaire. Cette démarche peut être facilement mise en lien avec la compétence de résolution de problèmes qui correspond à la capacité d'un individu à s'engager dans un traitement cognitif pour comprendre et résoudre une situation problème dont les solutions ne sont pas

immédiatement évidentes pour l'élève, et ce, dans une perspective d'échafaudage de construction de connaissances (Griffin et Care, 2015). En ce sens, les élèves doivent prendre part à une démarche d'investigation de nature itérative dans la mesure où ils doivent à plusieurs reprises faire des allers-retours entre le problème et les solutions possibles à travers le processus de conception et de programmation du robot (Kelley, Capobianco, et al., 2014). Puisque les élèves travaillent presque toujours en équipe lors des activités en RP proposées dans cette étude, le caractère collaboratif de la compétence en devient indissociable dans le contexte à l'étude.

2.2.3 La compétence à résoudre des problèmes en collaboration

Les paragraphes précédents ont défini chacune des compétences qui sont mises en commun pour constituer celle qui est à l'étude dans ce projet de mémoire soit la compétence de résolution collaborative de problèmes. En effet, elle met en interaction un aspect qui relève du domaine cognitif, qui réfère à la réglementation et au renforcement des connaissances, et un aspect social, qui est sollicité par la participation, la prise en compte des perspectives amenées par les pairs et la régularisation sociale (Griffin et Care, 2015). Cette compétence est tellement importante dans le contexte du 21^e siècle qu'elle a été ajoutée en 2015 au Programme international pour le suivi des acquis des élèves (PISA). Selon ce rapport (PISA, 2015), trois composantes permettent de définir la compétence de résolution collaborative de problèmes : la première est « L'établissement et le maintien d'une compréhension commune », la deuxième se nomme « La prise de décisions quant aux mesures appropriées pour résoudre le problème » et le nom de la troisième est « L'établissement et le maintien de l'organisation du groupe » (Tableau 1). Pour les besoins de cette étude, nous avons reformulé ces composantes de façon à ce qu'elles soient

plus simples à mémoriser et à dissocier. Le tableau 1 détaille les composantes de la compétence collaborative, de la compétence à résoudre des problèmes et de la compétence qui les regroupe : la compétence de résolution collaborative de problèmes.

Tableau 1

Synthèse des principales compétences nécessaires à la résolution collaborative de problèmes

Compétence collaborative (Alimis, Moro et al., 2007; Kelley, Capobianco et Kaluf, 2014; MÉQ, 2001; NEA, 2014; Slangen, Keulen; Gravemeijer, 2011;)	Compétence à résoudre des problèmes (Kelley, Capobianco, et al., 2014; OCDE, 2012;)	Compétences spécifiquement liées à la résolution collaborative de problèmes (Griffin et Care, 2015; PISA, 2015)
Volonté d'être utile dans l'équipe	Capacité d'un individu à s'engager dans un traitement cognitif pour comprendre et résoudre des situations problèmes dont les solutions ne sont pas immédiatement évidentes.	Comprendre de façon collaborative
Capacité à faire des compromis : faire preuve de souplesse dans le but d'atteindre un objectif commun	Identifier les liens de causes à effets entre les différents éléments dans le but de présenter une solution au problème	Résoudre le problème de façon collaborative
Communiquer dans le but de trouver une organisation qui conviennent à tous les membres de l'équipe	S'assurer que l'organisation est optimale en vue de résoudre un problème.	Organiser l'équipe

2.2.3.1 La composante 1 : comprendre de façon collaborative

Dans le but d'élaborer et de maintenir une compréhension partagée du problème à résoudre, tout d'abord, les élèves sont amenés à mettre en commun leurs connaissances ainsi que leur point de vue pour établir une compréhension consensuelle (Cannon-Bowers

et Salas, 2001 ; Dillenbourg, 1999 ; Dillenbourg et Traum, 2006 ; Fiore et Schooler, 2004 ; MEQ, 2001). Ils doivent donc construire et établir une représentation partagée et négocier le sens du problème en l'organisant selon les différents points de vue des membres de l'équipe (OCDE, 2015 ; Griffin et Care, 2015). Il s'agit donc de la première sous-composante de la première composante : « Explorer le problème (1.1) ».

Les élèves doivent également entretenir une compréhension commune tout au long de l'activité (Griffin et Care, 2015), et ce, en échangeant des informations avec leurs collègues à propos des tâches accomplies (OCDE, 2015), en répondant aux questions de leurs collègues, en établissant et en faisant les compromis nécessaires à l'atteinte d'un objectif commun (NEA, 2015) ainsi qu'en se renseignant à propos de ce que les autres découvrent (OCDE, 2015) : ces actions permettent de conserver la cohésion et l'organisation du groupe dans le but que tous comprennent le problème (PFÉQ, 2001 ; PISA, 2015 ; Kelly, Capobianco et Kaluf, 2014). Pour y arriver, les élèves doivent négocier le sens du problème (PFÉQ, 2001 ; PISA, 2015). Il s'agit de la deuxième sous-composante de cette composante : « Comprendre le problème (1.2) ».

Dans le but d'établir et de maintenir une compréhension partagée, les élèves doivent veiller à ce que les tâches soient accomplies, et ce, dans une perspective de travail en collaboration (Griffin et Care, 2015). En ce sens, tous les membres de l'équipe doivent participer à l'attribution des tâches (PISA, 2015), accomplir leur(s) tâche(s) (PFÉQ, 2001) et participer à la mise en commun des résultats dans le but que chaque membre de l'équipe soit au courant de l'avancement de la résolution du problème (Griffin et Care, 2015). Ces éléments correspondent à la troisième sous-composante : « Communiquer (1.3) ».

En résumé, les élèves doivent prendre les mesures nécessaires pour que tous soient au même niveau en ce qui concerne les avancées vers la résolution du problème (OCDE, 2015).

2.2.3.2 La composante 2 : résoudre le problème de façon collaborative

Dans le but de développer leur compétence de résolution collaborative de problèmes, les élèves doivent être en mesure d'identifier les actions et les étapes nécessaires à mettre en œuvre pour parvenir à une solution : ils doivent planifier les tâches qu'ils ont à entreprendre (Griffin et Care, 2015; MÉES, 2001). Par la suite, tout au long de l'activité, ils doivent prendre en considération les contraintes relatives au problème et prendre les mesures nécessaires pour gérer les obstacles et les ambiguïtés (Griffin et Care, 2015; MÉES, 2001; OCDE, 2015). Ces démarches sont reliées à la sous-composante « Planifier (2.1) ».

Face aux imprévus rencontrés lors de la résolution du problème scientifique et technologique proposé, l'équipe doit déterminer les objectifs ainsi que les actions qui en découlent et comparer ce qui a été accompli par rapport aux cibles définies au départ pour s'assurer de répondre au problème (Yuen et al., 2015). Il s'agit de la deuxième sous-composante : « Fixer des objectifs (2.2) ».

Lorsque les objectifs ont été fixés dans le but de résoudre le problème scientifique et technologique, les élèves doivent organiser leurs ressources. Lors de chaque rencontre, ils doivent s'assurer en équipe qu'ils ont atteint leurs objectifs en vue de la résolution du problème (Griffin et Care, 2015; MÉES, 2001; PISA, 2015). Il est donc question de la troisième sous-composante : « Organiser les ressources (2.3) » .

Après s'être fixé des objectifs et avoir organisé leurs ressources pour y arriver, les élèves doivent s'assurer d'atteindre les objectifs qu'ils se sont fixés en vue de résoudre le problème proposé. Pour ce faire, le cheminement de la démarche de l'équipe doit être en totale cohérence avec leur compréhension commune du problème (Griffin et Care, 2015). Il peut également arriver que les élèves aient besoin de faire des modifications à la planification qu'ils ont élaborée (Griffin et Care, 2015). Tout cela est associé à la sous-composante « Atteindre les objectifs fixés (2.4) ».

Pour avancer dans la résolution du problème proposé, les élèves doivent faire leur part du travail. Chaque élève doit donc entreprendre et accomplir la tâche ou une partie de la tâche qui lui est assignée (Kelley et al., 2014; NEA, 2014; PISA, 2015). Pour y arriver, l'élève doit persévérer dans l'accomplissement de sa tâche par le biais de tentatives répétées et de la mobilisation de plusieurs stratégies (Griffin et Care, 2015). Ces démarches relatives à la réalisation du problème définissent la cinquième sous-composante : « Persévérer et accomplir sa tâche (2.5) ».

Dans le but que le travail collaboratif fonctionne efficacement en vue de la résolution du problème, chaque membre de l'équipe doit faire des suggestions quant à l'organisation des ressources et l'assignation de tâches en prenant en considération l'opinion des autres membres de l'équipe (MÉES, 2001; Griffin et Care, 2015). Pour ce faire, les élèves doivent gérer les ressources et les personnes quant à l'accomplissement des différentes tâches. Cela correspond à la sixième sous-composante : « Gérer (2.6) » les différentes ressources.

Lorsque les élèves entreprennent la résolution d'un problème scientifique et technologique complexe, ils doivent s'ajuster pour surmonter les difficultés rencontrées dans le but de proposer des hypothèses et des solutions provisoires pour finalement résoudre le problème (Kelley, Capobianco, Kaluf, 2014; MÉES, 2001). Pour cela, tout au long de l'activité, les élèves doivent : expliquer et justifier leurs points de vue, négocier, débattre, faire des compromis et argumenter pour arriver aux solutions les plus créatives et optimales possibles (NEA, 2014). L'équipe doit donc reconstituer et réorganiser leur compréhension du problème à la recherche de nouvelles solutions ce qui correspond à la septième sous-composante : « S'ajuster (2.7) ».

Les activités en RP se distinguent de par ses différents volets (construction, programmation, comportement du robot) qui sont placés en interaction et gérés par l'équipe d'élèves (Gaudiello, Zibetti, 2013; Mikropoulos, Bellou, 2013). En ce sens, lors de la résolution du problème, les élèves doivent faire des liens à partir de leurs expériences et de leurs connaissances antérieures, et ce, en lien avec différents types d'informations (Griffin et Care, 2015). Ils utilisent leur compréhension de la situation de cause à effet pour planifier et/ou exécuter une séquence d'actions (Griffin et Care, 2015). Plus précisément, il est question d'identifier les liens de causes à effets entre les différents éléments. Il s'agit donc de la huitième sous-composante de la compétence de résolution collaborative de problèmes : « Mettre en œuvre sa pensée systémique (2.8) ».

Lorsque les élèves sont pratiquement arrivés à la fin de leur projet et qu'ils ont presque résolu le problème, ils doivent interpréter les résultats obtenus quant aux différentes tâches effectuées par les membres de leur équipe (Kelley et al., 2014; NEA 2014). En ce sens, le produit final présenté doit démontrer que les élèves ont compris le

problème, et ce, en considérant plusieurs détails importants. Ce processus correspond à la neuvième sous-composante relative à la résolution de problèmes de façon collaborative : « Interpréter les résultats (2.9) ».

Finalement, au terme du projet, les élèves présentent leur solution. Il s'agit de la dixième sous-composante : « Présenter une solution (2.10) ». Cette solution doit être fondée sur l'analyse du problème à résoudre (Kelley et al., 2014). De plus, il est souhaitable que la solution présente un caractère innovant (NAE, 2015 ; PISA, 2015).

Puisque la résolution du problème se réalise de façon collaborative, il en va de soi que, pour arriver au terme de ce type de projet, les élèves doivent organiser leur équipe de façon à travailler efficacement.

2.2.3.3 La composante 3 : Organiser l'équipe

Il est peu probable qu'une équipe puisse bien fonctionner sans que le groupe soit organisé et que son mode de fonctionnement soit adapté à la tâche de résolution de problèmes (OCDE, 2015). Pour ce faire, la composante 3 (Organiser l'équipe) comporte quatre sous-composantes qui la définissent.

Dans le but que la résolution du problème soit réalisée de manière collaborative, l'équipe doit établir de façon systématique des moments et/ou des modalités pour partager leurs avancées quant aux tâches et aux difficultés rencontrées (PISA, 2015). En ce sens, ils doivent prévoir des moments pour communiquer à propos des avancées des tâches et sous-tâches individuelles ainsi que des difficultés rencontrées (Griffin et Care, 2015). Cette organisation est liée à la première sous-composante : « Établir un protocole (3.1) ».

Une fois que le protocole a été établi, les élèves doivent le respecter. En ce sens, tout au long du projet, il est souhaité que les élèves soient tous au courant du déroulement en vue de la résolution du problème (PISA, 2015). En ce sens, ils s'engagent à respecter les modalités établies pour travailler de façon collaborative (PISA, 2015). Il est question de la deuxième sous-composante : « Appliquer un protocole (3.2) ».

Il en va de soi que pour mener à terme un projet d'une telle envergure que celui que nous avons présenté aux élèves participant à cette étude, la communication entre les membres de l'équipe s'avère primordiale. Il est donc important pour les élèves de s'assurer que tous les membres de l'équipe font part de leur point de vue et des solutions qu'ils ont envisagées pour améliorer la communication dans l'équipe (PISA, 2015). Lorsque la communication est efficace, les élèves respectent et négocient de façon respectueuse avec les autres membres de leur équipe en vue d'un consensus (Griffin et Care, 2015). Ce processus de communication relève de la sous-composante « Améliorer la communication (3.3) ».

Pour résoudre le problème scientifique et technologique proposé, les élèves doivent maintenir une organisation efficace. Ils sont donc tenus de s'assurer que tous les membres de l'équipe font part de leur point de vue et des solutions qu'ils ont envisagées pour améliorer le fonctionnement de l'équipe (PISA, 2015). Ils négocient de façon respectueuse avec les membres de leur équipe en vue d'un consensus (Griffin et Care, 2015). Il s'agit ici de la quatrième et dernière sous-composante « Améliorer l'organisation (3.4) ».

L'ensemble des composantes et sous-composantes de la compétence qui vient d'être présenté est synthétisé dans un tableau comparatif situé en Appendice A. En somme,

la compétence de résolution collaborative de problèmes est particulièrement efficace et bénéfique lorsqu'il est question de problèmes complexes (Griffin et Care, 2015) tels que le type d'activités en RP visé par ce projet. Dans le cadre de cette étude, nous proposons des activités en RP de trois niveaux de difficulté graduelle. Ces trois niveaux seront définis dans la section qui suit de manière à définir ce que nous entendons par complexe dans le contexte à l'étude.

2.3 La complexité des activités en robotique pédagogique

Dans ce chapitre, la complexité des activités de RP présentées aux élèves durant cette recherche sera définie. Il sera également question de lier le caractère complexe de ces activités avec les quatre dimensions des pratiques scientifiques (*science practice*) et avec le concept d'agent épistémique dans le but de rattacher la complexité au contexte de cette recherche. Plus spécifiquement, tel qu'énoncé dans le chapitre 1, dans le but d'offrir aux élèves un enseignement ambitieux, il est souhaitable de les positionner dans le rôle d'agent épistémique dans une communauté de pratiques scientifiques (*science practice*) (Stroupe, 2015).

La complexité des activités en RP qui ont été proposées dans le cadre de cette étude constitue une dimension incontournable et importante du point de vue pédagogique. Elle est définie notamment par la sophistication des réflexions lors d'activité en RP telle que l'analyse, la synthèse, l'évaluation et le raisonnement causal (Savage et al., 2003 ; Slangen et al., 2008, 2009; Sullivan, 2008). Deux dimensions relatives aux pratiques scientifiques (*science practice*) sont en lien direct avec le haut niveau de réflexions des élèves lors des activités en RP : conceptuelle et épistémique (Leher cité par Stroupe, 2014). En ce qui

concerne la dimension conceptuelle, les réflexions menées par les élèves lors des activités en RP les amènent à se questionner pour savoir comment les théories, les principes, les idées, etc. sont concrètement utilisés par opposition à la lecture passive de théories scientifiques par exemple. Dans le même sens, en évaluant, en synthétisant et en analysant les savoirs scientifiques par le biais d'activités en RP, la dimension épistémologique des pratiques scientifiques (*science practice*) intervient dans la mesure où les élèves ont plus de liberté par rapport à ce qu'ils apprennent et décident d'approfondir. Ainsi, par le biais de ces libertés et de ces engagements relatifs aux savoirs, les élèves sont placés dans le rôle d'agent épistémique (Demers, Bachand, Leblanc, 2016).

Dans le même ordre d'idées, en participant à des activités complexes en RP, les élèves apprennent à comprendre les relations fonctionnelles entre le programme de l'ordinateur et les périphériques de sortie (moteur, brique) ainsi que l'interaction causale entre le programme informatique, les périphériques d'entrée (capteurs) et les périphériques de sortie (moteurs) (Sullivan, 2008). Ils acquièrent également les habiletés nécessaires pour effectuer des « *sense- reason- act* » (SRA) en boucle qui sont basées sur la capacité à analyser les conditions du monde réel (conception du robot) et de les convertir en solutions techniques (programmation du robot) (Slanger, 2011). Les activités complexes de RP qui relèvent de cette étude impliquent la conception et la programmation d'un robot à partir d'un problème à résoudre. Les possibilités de solutions à découvrir pour les élèves n'ont aucune limite et peuvent présenter de multiples facettes différentes (Guilford, 1959). Tous ces aspects sont liés à la dimension matérielle de la pratique scientifique (Leher cité par Stroupe, 2015). En effet, celle-ci concerne la création, l'adaptation et l'utilisation de

multiples ressources dans le but d'appuyer et de concrétiser le travail intellectuel dans la pratique.

Une dimension supplémentaire de la pratique scientifique (*science practice*) caractérise les activités complexes proposées aux élèves lors de cette recherche : l'aspect collaboratif. Bien que le fait de travailler en collaboration stimule les réflexions et aide à construire un raisonnement approfondi et partagé (Slangen, Keulen, Gravmeijer, 2011), celui-ci contribue à complexifier les activités proposées. En effet, la dimension sociale relative à la pratique scientifique implique que les membres de l'équipe établissent des consensus quant à l'établissement et l'application de protocoles pour organiser l'équipe et communiquer (compétence 3) de façon à développer, critiquer et utiliser les idées. Ceci ajoute des tâches supplémentaires à la résolution de problèmes.

De façon générale, les élèves se font présenter des activités de ce niveau de complexité après avoir vécu plusieurs expériences de degré de complexité moindre en RP. Dans le cadre de cette étude, les élèves sont amenés graduellement à réaliser des activités qualifiées comme étant complexes. Il sera donc question d'activités de trois niveaux de difficulté différents dont la finalité réside en des activités plus complexes qui seront au cœur de nos analyses. Le tableau 2 expose les différents aspects des activités proposées en termes de construction et de programmation du robot. Le tableau contient également une section nommée « intention pédagogique » qui permet de comprendre la visée de chaque niveau de difficulté.

Tableau 2

Les trois niveaux de difficulté des activités proposées en RP

Niveau de complexité	Construction	Programmation	Intention pédagogique
Niveau 1 : Construction et programmation procédurale	<u>Assembler</u> un robot en suivant des directives	Explorer les fonctionnalités de base d'icônes de programmation en <u>suivant les instructions</u> pour programmer le robot	Suivre les instructions proposées pour comprendre les fonctionnements de base.
Niveau 2 : Construction procédurale et choix de programmation	<u>Construire</u> un robot en suivant des directives, mais en le personnalisant (ex.: ajouter des capteurs)	<u>Concevoir</u> une programmation pour relever un défi	Relever un défi dont les solutions sont prédéterminées.
Niveau 3 : Conception d'une construction et d'une programmation	<u>Concevoir</u> un robot à partir d'un problème proposé	<u>Concevoir</u> une programmation pour résoudre un problème	Répondre à une situation problème dont les solutions ne sont pas prédéterminées

2.3.1 Les activités de programmation et de construction procédurale de niveau 1

En ce qui concerne les activités de construction et de programmation procédurale du premier niveau, les élèves débutent par assembler plusieurs modèles inclus dans la trousse de robotique avec laquelle ils travaillent, et ce, en étant guidés par les étapes du mode d'emploi. Cet aspect des activités du premier niveau est relié à la construction du robot. À travers ces activités, les élèves apprendront le nom des pièces dans le but d'utiliser un vocabulaire exact lorsqu'ils travailleront en équipe. Les élèves explorent également plusieurs modes d'assemblage. Ils découvrent les diverses fonctions des pièces de LEGO. Durant les activités de niveau 1, les élèves auront quatre différents robots à construire.

Après chaque séance de construction, ils pourront explorer une fonctionnalité de base de la programmation. Cela leur permettra de faire exécuter un comportement à leur robot selon l'aspect de la programmation exploré. Par exemple, lors de la première activité de ce niveau de difficulté, les élèves apprennent à régler les différents aspects de l'icône qui permet de programmer un moteur. Ils comprendront les fonctions du mode pour programmer le moteur en termes de temps ou d'angle. Ils apprendront également à programmer la vitesse, le nombre de rotations ainsi que le freinage. La visée des activités de niveau 1 est d'établir des bases pour que les élèves apprennent les fondements de la construction ainsi que de la programmation de la trousse de robotique utilisée.

2.3.2 Les activités de niveau 2 de construction procédurale et de choix de programmation

En ce qui a trait aux activités de construction procédurale et de choix de programmation du deuxième niveau, les élèves participent à un défi dont les solutions sont déterminées à l'avance de façon globale. Essentiellement, il est question de programmer un robot pour qu'il puisse parcourir un trajet et effectuer quelques actions prédéterminées. Plus spécifiquement, pour ce qui est du volet relatif à la construction du robot, ce dernier sera majoritairement assemblé lors de l'activité précédente : il s'agit d'un modèle proposé par la trousse de robotique. En ce sens, lors de cette activité, il est question de construction et non de conception, puisque les élèves doivent suivre un plan de construction pour ajouter des capteurs³. Les élèves apprendront donc à installer des capteurs pour que le robot soit en mesure d'effectuer les actions demandées. Les différents capteurs permettront de complexifier les comportements du robot, puisque leur fonctionnement est légèrement plus

³ Lors des activités de niveau 3, il sera question de conception et les nuances entre les deux termes seront explicitées.

compliqué que celui des moteurs. Le plus important à comprendre concernant les capteurs du robot est que lorsqu'un capteur réagit au stimulus pour lequel il est conçu (par exemple lorsqu'il touche quelque chose), il envoie un signal électrique à la brique intelligente. Le signal est ensuite traité en fonction du programme, pour déclencher une action. Les nouveaux comportements que les élèves seront en mesure de programmer permettront au robot d'effectuer des « tâches » plus complexes. Par exemple, lors d'une activité du deuxième niveau, on pourrait demander aux élèves de programmer leur robot pour qu'il soit en mesure de s'activer dès qu'il entend un claquement de main pour sortir d'une boîte. En somme, les activités de niveau 2 sont plus complexes que les précédentes, premièrement puisque plusieurs solutions sont possibles pour relever les défis. Deuxièmement, parce que les élèves doivent programmer leur robot dans le but qu'il effectue un ensemble de comportements. Troisièmement, les activités de niveau 2 sont considérées comme plus complexes que les précédentes, puisque le niveau de programmation qui est exigé est plus élevé ; les élèves doivent utiliser les capteurs plutôt que seulement les moteurs. Par contre, elles sont plus simples que les activités de niveaux 3, notamment puisqu'elles ne nécessitent pas de concevoir la construction et la programmation d'un robot à partir d'un problème scientifique et technologique.

2.3.3 Les activités de niveau 3 de conception d'une construction et d'une programmation

Finalement, lorsque les élèves participeront aux activités complexes qui relèvent du troisième niveau, ils devront concevoir entièrement le robot et le programmer pour qu'il réponde à un problème qui concerne à la fois la forme(construction) et le comportement du robot. Il est donc question de concevoir (imaginer) entièrement la programmation et la construction du robot. Tous les aspects du robot (programmation/construction/

comportement) devront donc être conçus de façon systémique, car ils dépendront l'un de l'autre. Il s'agit d'ailleurs d'une particularité des activités de niveau 3 qui permet de les qualifier de complexes. Dans le même ordre d'idées, l'aspect créatif des activités de niveau 3 définit également leur caractère complexe. Il se décrit quant à lui comme étant la capacité à inventer des idées, des alternatives ou des possibilités qui peuvent être utiles notamment lors de la résolution de problèmes et lors de communication avec les autres (Franken, 1994).

Maintenant que les détails concernant les fondements théoriques de cette étude ont été explicités, il sera question d'exposer les modalités qui ont été mises en œuvre quant à la méthodologie de recherche.

3. Chapitre III : La méthodologie

Les concepts évoqués dans le cadre théorique de ce projet de mémoire relatent différents écrits relatifs à la robotique pédagogique (RP). Les sections qui suivent montrent en quoi les concepts théoriques permettront d'atteindre les deux objectifs de cette recherche : l'identification des composantes de la compétence de résolution collaborative de problèmes et la relation entre le développement de la compétence à l'étude et la complexité des activités, et ce, en RP. Pour ce faire, il est question de la présentation du type de recherche, de l'échantillon, des modalités de la collecte de données, du plan d'analyse et de l'échéancier des activités.

3.1 Le type de recherche

Cette recherche se situe dans une épistémologie constructionniste. Cette approche correspond à une vision des apprentissages proche de celle du constructivisme développé à la suite des travaux de Piaget. Par contre, elle accorde une place importante à l'activité et à la manipulation d'artefact dans une posture s'inspirant d'une « épistémologie de l'agir professionnel » plutôt que d'une « épistémologie positiviste de la pratique » (Schön, 2011). En effet, dans le cadre de ce projet, l'intentionnalité des différentes équipes d'élèves à l'étude est considérée (Do, 2003). En outre, en plus du travail de collaboration chez les élèves, la chercheuse travaille en étroite collaboration avec les enseignants et les élèves notamment en ce qui concerne l'animation des activités, les questionnaires d'autoévaluation et les grilles d'observation. De ce projet de mémoire résultent donc plusieurs formes de nouveaux savoirs partagés par plusieurs ensembles sociaux (Glaserfeld, 1994). Par ailleurs, cette étude suit la méthodologie de la recherche design en éducation (*Design experiment*, Brown, 1992 ou *Design-based research*, The Design-Based Research Collective, 2003)⁴ et utilise une méthodologie mixte alliant des données qualitatives et quantitatives (Class et Schneider, 2013). Il s'agit d'une méthodologie qui vise à valider la recherche dans un contexte éducatif réel dans la mesure où les résultats peuvent être utilisés pour évaluer, informer et améliorer les pratiques au moins dans le contexte étudié et possiblement dans d'autres contextes similaires (Anderson et Shattuck, 2012).

3.2 Les participants

⁴ La recherche design est une recherche qui se rapproche de la recherche développement mais s'en distingue par ses dimensions théoriques et praxéologiques (Basque, 2015).

Comme il a été mentionné précédemment, cette recherche s'intéresse au développement de la compétence de résolution collaborative de problèmes lors d'activités de différents niveaux de difficulté en RP. Ainsi, les activités de RP étudiées sont principalement de trois niveaux différents de complexité tel que l'expose le tableau 3: 1) cinq activités d'une heure qui impliquent de suivre le mode d'emploi de la trousse de robotique (construction et programmation procédurales), 2) cinq activités d'une heure qui proposent un défi à relever (Construction procédurale et choix de programmation) et 3) cinq périodes d'une heure pour trouver une solution à un problème proposé (conception d'une construction et d'une programmation). Ainsi, comme Phumeechanya et Wannapiroon (2014), nous avons proposé aux élèves des situations d'apprentissage collaboratives à travers lesquelles ils ont apprendre à résoudre des problèmes et à développer leur pensée créative dans un contexte scientifique et technologique, et ce, en suivant la méthodologie de la recherche design en enseignement. Les élèves qui ont participé à ce projet de recherche font partie d'un échantillon par choix raisonné non probabiliste (Fortin et Gagnon, 2016). Ils étaient dispersés dans quatre classes du troisième cycle du primaire. Les expériences des élèves et des enseignants en RP étaient variables. Lors de la recherche, nous avons disposé les élèves dans trois groupes. Une classe, dont le nombre d'élèves était moins nombreux dû à leur déficience auditive, s'est jointe à une autre classe. Soixante élèves et quatre enseignantes ont participé à cette étude qui s'est déroulée sur une période d'une année scolaire. L'âge des élèves a été ciblé en fonction de leur capacité à prendre conscience de leurs actions et des actions de leurs pairs pour être en mesure de s'autoévaluer. Les participants devaient être francophones pour comprendre les documents qu'ils devaient remplir. Cette petite école publique francophone (environ 250

élèves) est située dans un milieu urbain et l'indice du milieu socio-économique en rang décile est de 8. Le consentement des élèves participants et de leurs parents a été demandé par le biais d'une lettre de consentement soumise préalablement au comité éthique de l'Université du Québec en Outaouais. Le consentement de la direction et des enseignants a également été demandé pour pouvoir effectuer l'étude.

Tableau 3

Synthèse du déroulement de l'étude

	Niveau 1 : Construction et programmation procédurales	Niveau 2 : Construction procédurale et choix de programmation	Niveau 3 : Conception d'une construction et d'une programmation
Période concernée	Novembre à décembre	Février à avril	Avril à mai
Objectifs	Comprendre les fonctionnalités de bases de la trousse robotique	Relever un défi dont les solutions sont prédéterminées	Résoudre un problème scientifique et technologique dont les solutions ne sont pas prédéterminées
Déroulement	5 périodes d'une heure	5 périodes d'une heure	5 périodes d'une heure
Actions à accomplir :	1.Exploration (Aucune donnée recueillie) 2.Suivre les instructions pour construire le robot.	1.Choisir les icônes de programmation en fonction du trajet à parcourir pour relever les défis. 2.Suivre les instructions pour ajouter des capteurs au robot du niveau 1	1.Concevoir une programmation. 2.Concevoir un robot.
Outils d'observation (nombre d'élèves)	Grille d'observation Questionnaire :5 décembre 2016	Grille d'observation Questionnaire :5 avril 2017	Grille d'observation Questionnaire :15 mai 2017 Focus group

3.3 Les modalités de la collecte de données

Lors de cette recherche, des cycles itératifs ont permis à la chercheuse de s'adapter au contexte réel des classes dans lesquelles se sont déroulées le projet et de communiquer aux participants les résultats obtenus (Brown, 1992; McKinney et Reeves, 2013). Plus précisément, les quatre étapes suivantes permettent de décrire le déroulement du projet (Peterson et Herrington, 2005).

3.3.1 L'analyse du problème pratique

La lecture des articles scientifiques recensés à ce sujet ainsi que l'expérience de la chercheuse sur le terrain ont permis de constater que peu de données empiriques ont été mises en lumière quant aux manifestations des compétences lors d'activités en RP. Toutefois, plusieurs chercheurs (Alimisis, Moro et al. 2007 ; Gaudiello, Zibetti, 2013 ; Mikropoulos et Bellou, 2013; Slangen, Keulen et Gravemeijer, 2011, etc.) et enseignants affirment que les élèves résolvent des problèmes et travaillent en collaboration lors d'activités en RP. Nous avons donc décidé de documenter la mobilisation de la compétence de résolution collaborative de problèmes lors d'activités en RP de trois niveaux de difficulté graduelle. Cependant, puisque la recherche design en éducation s'applique à résoudre des problèmes pratiques (Anderson et Shattuck, 2012), il était attendu que le problème soit redéfini selon les besoins des enseignants, des élèves ainsi que des données recueillies dans le contexte où il s'est déroulé. Il en était de même pour les modalités de collecte de données. En ce sens, la grille d'observation proposée au départ a été modifiée pour être plus fonctionnelle et représentative du développement de la compétence à l'étude. De plus, les questionnaires d'autoévaluation ont été adaptés dans le but que les élèves comprennent bien les questions posées. Les réponses des élèves sont des données déclarées ce qui constitue une limite de cette recherche dans la mesure où les réponses des élèves relèvent de leur perception qui peut être subjective. Dans le même sens, les questions d'entrevues des enseignantes ont été déterminées en fonction des résultats de recherche obtenus tout au long de la recherche : elles se sont déroulées à la fin du projet après que les élèves aient participé à toutes les activités de RP. Les activités proposées ont également été modifiées dans le but qu'elles soient adaptées à la progression des élèves en termes de développement de la compétence. Donc, les modalités de collecte de données ainsi que les

activités de niveau de difficulté graduelle ont été adaptées au contexte de recherche, et ce, tel que la recherche design en éducation le préconise (Phumeechanya et Wannapiroon, 2014)

3.3.2 Le développement d'une solution à partir de cadres théoriques

Plusieurs auteurs ont proposé des définitions quant à la compétence à résoudre des problèmes en collaboration (Griffin et Care 2015 ; NEA, 2015; OCDE 2015, entre autres.) Le tableau comparatif des composantes de la compétence à résoudre des problèmes en collaboration (Appendice A) permet de comprendre les composantes qui ont été retenues pour élaborer notre Grille d'observation 1 (Appendice B). Cette dernière a servi de base à l'élaboration des grilles d'observation (Appendices C et D) qui ont permis d'observer les équipes d'élèves quant au développement de la compétence de résolution collaborative de problèmes. Plus précisément, les enseignantes ont adapté pour leur usage la Grille d'observation 1 pour être en mesure d'observer chaque élève individuellement lors de tous les niveaux de difficulté des activités proposées en RP. Cependant, deux sous-composantes de la compétence de résolution collaborative de problèmes devaient être observées auprès de l'équipe plutôt qu'individuellement. Il s'agit des sous-composantes « Gérer (2.6) » et « Penser de façon systémique (2.8) ». Pour chaque niveau de difficulté, les élèves ont participé à cinq activités d'une durée d'une heure. La chercheuse était présente lors de la première et de la dernière activité de chaque niveau de difficulté. Après la première activité, les enseignantes accompagnées de la chercheuse décidaient quelles sous-composantes de la compétence seraient sujettes à l'observation ce qui permettait de constituer une grille d'observation pour chaque niveau de difficulté graduelle. De plus, lors de ces rencontres, les enseignantes accompagnées de la chercheuse s'assuraient qu'elles définissent de la

même façon les différentes sous-composantes qu'elles aillaient observer. Par la suite, les enseignantes continuaient d'observer les élèves lors des quatre activités suivantes. Les enseignantes ont observé toutes les activités, mais n'ont rempli les grilles d'observation que lors de la quatrième et de la cinquième activité dans le but de documenter le développement de la compétence selon les trois niveaux d'atteinte (faible, moyen, fort). Toutes les activités de chaque niveau avaient la même vocation et se ressemblaient beaucoup. Les enseignantes devaient cocher un niveau d'atteinte pour chaque élève. Les enseignantes agissaient donc à titre d'observatrices ce qui constitue plusieurs limites pour cette recherche. En effet, les enseignantes ont observé leurs propres élèves. De ce fait, leur jugement a pu être biaisé notamment quant à leur perception des compétences de chaque élève. De plus, l'observatrice n'était pas la même pour les différents groupes d'élèves ce qui a pu engendrer des différences au niveau de l'interprétation des composantes de la compétence ainsi que du jugement global des compétences des élèves, et ce, bien que nous ayons discuté de l'interprétation des composantes des compétences.

3.3.3 L'expérimentation et l'évaluation de la solution dans un contexte pratique

Quinze activités de trois niveaux de complexité graduelle sont proposées aux élèves durant l'année scolaire visée (Tableau 3). La participation des élèves à ces activités permet de déterminer les composantes et sous-composantes de la compétence qui sont mobilisées lors des trois niveaux de complexité graduelle ainsi que de mesurer la relation entre le développement de la compétence et le niveau de complexité des activités proposées. À la fin de la quatrième et de la cinquième activité de chaque niveau de difficulté, les enseignantes cochent un niveau d'atteinte pour chaque élève dans la grille d'observation élaborée pour le niveau de difficulté en cours (Appendices C et D). Un questionnaire

d'autoévaluation est aussi rempli par les élèves (Appendices E, F, G). Cela permet l'évaluation de la compétence sous différents angles. Par contre, en termes de limites à cette recherche, il est important de noter que les choix de réponses des questionnaires d'autoévaluation varient de trois à huit ce qui a pu créer une dispersion des résultats dans la mesure où les fréquences seront nécessairement plus élevées pour les questions qui ont moins de choix de réponses. Les élèves ont répondu à ces questionnaires d'autoévaluation à partir du logiciel Lime Survey qui comptabilise les réponses. De plus, des entrevues semi-dirigées ont été réalisées avec trois des quatre enseignantes à la fin du projet dans le but de documenter davantage le développement de la compétence à l'étude. Ces entrevues ont permis d'exposer un point de vue qualitatif de l'observation des enseignantes pour compléter les observations quantitatives qu'elles avaient émises par le biais des différentes grilles d'observation (Appendices C, D) qu'elles ont complétées. Finalement, des *focus groups* ont été réalisés auprès de deux groupes d'élèves dans le but de compléter de façon qualitative les données quantitatives obtenues par le biais des questionnaires d'autoévaluation. L'ensemble de ces modalités de collecte de donnée assure donc une triangulation des données (Karsenti, Savoie-Zajc, 2011). Cependant, il est important de noter que les analyses qualitatives auraient pu être présentées de façon plus exhaustive s'il n'y avait pas eu de restriction quant au nombre de pages pouvant y être accordées dans le contexte de cette maîtrise ; il s'agit donc d'une limite de cette recherche.

3.3.4 La production d'un document de réflexion et d'évaluation

Finalement, les données recueillies par le biais des grilles d'observation 2 et 3 (Appendices C et D), des questionnaires d'autoévaluation (Appendices E, F, G), des entrevues (Appendice H) ainsi que des *focus groups* (Appendice I) vont permettre de

déterminer les sous-composantes de la compétence qui sont mobilisées lors des trois activités proposées. À partir des analyses réalisées, la production d'un document de réflexion et d'évaluation permet de formaliser le travail de cette recherche design en éducation. Le chapitre de discussion fait état des conclusions de cette recherche en ce sens. De plus, ces données permettront également de décrire la relation entre le niveau de complexité des activités et le développement de la compétence.

3.4 Le plan d'analyse

La question à la base de cette recherche est : comment les élèves du primaire développent-ils la compétence de résolution collaborative de problèmes lors d'activités complexes de conception et de programmation créative en RP ? Deux objectifs en découlent. Le premier objectif permet d'identifier et d'observer les composantes et sous-composantes de la compétence de résolution collaborative de problèmes mobilisées lors d'activités de trois niveaux de difficulté graduelle en RP. La poursuite de cet objectif implique des analyses qualitatives. Le deuxième objectif vise à décrire la relation entre le développement de la compétence de résolution collaborative de problèmes et le niveau de complexité des activités en RP. Ce deuxième objectif mène à des analyses quantitatives. De ce fait, les deux objectifs sont présentés séparément en ce qui a trait au traitement des données.

3.4.1 Le traitement des données du premier objectif de recherche

Le premier objectif de recherche consiste à identifier quelles sous-composantes de la compétence de résolution collaborative de problèmes sont mobilisées lors des différentes activités de niveau de complexité graduelle en RP. Les écrits consultés (Griffin et Care,

2015 ; Kelley, Capobianco et Kaluf, 2014; MÉES, 2001; NEA, 2014; PISA, 2015, entre autres) permettent d'élaborer une première version de grille d'observation à partir des composantes présentées plus tôt (Appendice B). La grille d'observation est ensuite modifiée (Appendices D et F) tout au long de la recherche au fil de son utilisation et selon les recommandations des enseignantes, et ce, afin qu'elle permette d'observer les élèves en action, dans un contexte de classe réel, tel que préconisé dans la recherche design en éducation (Brown, 1992). En ce qui a trait aux entrevues (Appendice H), elles ont permis de définir le développement de la compétence de résolution collaborative de problèmes d'un point de vue qualitatif. Cela a permis aux enseignantes d'émettre leur point de vue dans le but de compléter les données recueillies par le biais des grilles d'observation. Elles ont donc été questionnées au sujet du développement de la compétence en termes de sous-composantes. En ce qui concerne les *focus groups* (Appendice I), ils ont permis également de documenter la perception des élèves quant au développement de la compétence de résolution collaborative de problèmes relatif à leur participation aux différentes activités de niveau de complexité graduelle. L'analyse de leur contenu comportait quatre étapes : l'établissement du corpus par la production de verbatims, l'analyse verticale, l'analyse transversale et la production de la grille d'analyse (Gaudreau, 2011). Pour ce faire, le logiciel N'Vivo® a été utilisé.

3.4.2 Le traitement du deuxième objectif de recherche

Le deuxième objectif de recherche vise à mettre en lumière la relation entre le développement de la compétence de résolution collaborative de problèmes et la complexité des activités en RP telle que définie dans le cadre théorique. Les données recueillies sont traitées sous forme d'échelle ordinale : la compétence de résolution collaborative de

problèmes est segmentée en plusieurs niveaux allant d'une moins grande mobilisation à une plus grande mobilisation de cette compétence sous forme d'actions observables (Appendices B, D et F) (Fortin et Gagnon, 2016). Ainsi, les enseignantes avaient à situer chaque élève sur une échelle de trois niveaux d'atteinte allant de bas à élevé. La proposition de ces trois niveaux a cependant posé problème et les enseignantes participant au projet ont souhaité ajouter deux niveaux d'atteinte pour situer les élèves : un niveau entre bas et moyen (plutôt bas) ainsi qu'un niveau entre moyen et élevé (plutôt élevé) (voir partie des résultats). La mesure de complexité a été représentée par les trois niveaux de difficulté des activités proposées aux élèves. Des analyses statistiques de type descriptives ont servi à traiter les données (Fortin et Gagnon, 2016). Plus précisément, ces analyses permettent de déterminer la fréquence de chaque composante et sous-composante, et ce, relativement aux observations des activités des trois niveaux de complexité graduelle (Fortin, Gagnon, 2016). Il en est de même pour les niveaux d'atteinte. La fréquence de chaque niveau d'atteinte est comptabilisée pour chacune des sous-composantes observées lors des activités des trois niveaux de difficulté graduelle. Ces résultats sont présentés sous forme d'histogramme. Toutes les analyses sont faites pour les trois activités de façon à déterminer le degré d'atteinte en relation avec les différents niveaux de complexités. Le mode permet de déterminer la valeur la plus fréquente soit le degré d'atteinte relatif à la compétence visée qui se présente le plus souvent (Fortin et Gagnon, 2016). La moyenne est également calculée pour mesurer la tendance centrale tout en considérant l'ensemble des réponses données par les participants (Fortin et Gagnon 2016). Il est important de noter que, pour ces analyses, la variation entre les différents groupes constitue une limite de cette recherche.

4. Chapitre IV : Présentation des résultats

Dans ce chapitre, les résultats en lien avec chacun des objectifs de recherche seront traités successivement. Avant tout, le déroulement de la recherche sera lié avec ses modalités de façon à situer le lecteur. Par la suite, il sera question du premier objectif de recherche soit l'identification des composantes et sous-composantes de la compétence à l'étude qui ont été mobilisées lors des activités. Finalement, les résultats en lien avec le deuxième objectif de recherche seront présentés soit l'analyse de la relation entre le développement de la compétence de résolution collaborative de problèmes et les niveaux de complexité graduelle des activités.

4.1 Déroulement de l'étude

Cette recherche comporte plusieurs modalités de collecte de données qui sont présentées dans le tableau 4 qui suit. Il est important de noter que les entrevues réalisées auprès des enseignantes (Appendice H) ont eu lieu lorsque l'ensemble des activités ont été terminées soit à la fin du projet. Seulement la moitié des élèves ont rempli le questionnaire dû aux modalités relatives aux vacances de Noël : absence des élèves, plusieurs autres projets à terminer, etc. En ce qui concerne le nombre de participants au *focus group*, seulement deux classes ont été interviewées individuellement, et ce, par manque de temps.

Tableau 4

Détails concernant les modalités de collecte de données

	Niveau 1 : Construction et programmation procédurales	Niveau 2 : Construction procédurale et choix de programmation	Niveau 3 : Conception d'une construction et d'une programmation
Grille d'observation		57 élèves	55 élèves
Questionnaire	30 élèves	58 élèves	54 élèves
Focus group			2 classes (35 élèves)
Entrevue			3 enseignantes à la fin du projet

4.2 Outils de collecte des données

Pour l'ensemble des activités présentées dans le Tableau 3, les élèves ont été observés par le biais d'une grille d'observation (Appendices D et F) utilisée par les enseignantes en cours d'activité : le nombre d'élèves observés varie légèrement d'un niveau de complexité à l'autre, mais presque tous les élèves ont été observés lors de l'ensemble des activités réalisées au cours de l'année. Les élèves ont répondu à un questionnaire d'autoévaluation après avoir participé à l'ensemble des activités d'un niveau de difficulté : le 5 décembre 2016 pour les activités de niveau 1 (Appendice C), le 5 avril 2017 pour les activités de niveau 2 (Appendice E) et le 15 mai 2017 pour les activités de niveaux 3 (Appendice F). En ce qui concerne le nombre d'élèves ayant répondu aux questionnaires, 30 participants ont répondu au premier soit un peu plus de la moitié des participants et une très grande proportion d'élèves a répondu au deuxième et troisième questionnaire. Un *focus group* a également eu lieu lorsque toutes les activités de RP ont été terminées notamment pour connaître l'appréciation des élèves relative à l'ensemble du projet. Des extraits pertinents seront présentés de manière à exposer la parole des élèves. Voilà qui complète la présentation des données recueillies pour chacun des outils utilisés durant la présente étude. Passons maintenant à la présentation de la grille d'observation utilisée pour observer les élèves.

4.2.1 La grille d'observation

Rappelons que la première version de la grille d'observation (Grille d'observation 1 : Appendice B) a été élaborée par la chercheuse à partir du tableau comparatif des composantes de la compétence à l'étude (Appendice A). Ensuite, comme le prévoit la recherche design en éducation (Phumeechanya et Wannapiroon, 2014) qui constitue la méthodologie de cette recherche, plusieurs itérations de la grille d'observation ont été élaborées en fonction des observations à faire ainsi que des besoins exprimés par les enseignantes (Appendice D et F). Ainsi, la Grille d'observation 1 (Appendice B) a été modifiée pour en réduire le contenu afin qu'elle corresponde davantage au contexte d'observation de cette recherche. Elle comportait les trois composantes de la compétence de résolution collaborative de problèmes : Comprendre de façon collaborative (1), Résoudre le problème (2), Organiser le groupe (3). Chaque composante était ensuite définie en sous-composantes liées à des indicateurs prenant la forme de comportements observables. Le Tableau 4 contient les sous-composantes des composantes qui ont été présentées aux enseignantes au début du projet.

Tableau 4

Les composantes et sous-composantes de la Grille d'observation 1

1-Comprendre de façon collaborative	2- Résoudre le problème	3- Organiser l'équipe
1.1 Explorer le problème	2.1 Planifier	3.1 Établir un protocole
1.2 Comprendre le problème	2.2 Fixer des objectifs	3.2 Appliquer un protocole
1.3 Accomplir	2.3 Organiser (les ressources)	3.3 Améliorer la communication
	2.4 Atteindre les objectifs	3.4 Améliorer l'organisation
	2.5 Persévérer	
	2.6 Gérer	
	2.7 S'ajuster	
	2.8 Penser de façon systémique	
	2.9 Interpréter les résultats	
	2.10 Présenter une solution	

Lors des activités de niveau 1, les enseignantes ont jugé que la compétence à l'étude n'avait pas été mobilisée. Les enseignantes n'ont donc pas utilisé la grille d'observation pour observer les élèves lors des activités de ce niveau de difficulté. Nous reviendrons sur des pistes de réflexion en lien avec ce choix des enseignantes dans le chapitre de discussion. En ce qui concerne les activités de niveau 2, les enseignantes ont sélectionné cinq sous-composantes observables. Il est important de noter que la composante 2 (Résoudre le problème) n'a pas été observée lors des activités de niveau 2. En ce sens, ce ne sont que la première composante (Comprendre de façon collaborative) et la troisième composante (Organiser l'équipe) qui ont été observées. Finalement, lors des activités de niveau 3, les enseignantes ont observé dix sous-composantes des trois composantes. Le tableau 5 présente les composantes qui ont été observées pour les activités des niveaux 2 et 3. Plus précisément, lorsque la composante est mobilisée, cela est indiqué en noir dans sa colonne. Il en est de même pour ses sous-composantes et cela est indiqué en gris. Dans le but de simplifier la compréhension du lecteur, les changements apportés aux noms des composantes seront présentés seulement dans les tableaux élaborés par les enseignantes placés en appendice (Appendices D et F).

Tableau 5

Les composantes et sous-composantes observées lors des activités des niveaux 2 et 3

Composantes	Niveau 2	Niveau 3
Composante 1		
1.1 Explorer le problème		
1.2 Comprendre le problème		
1.3 Accomplir		
Composante 2		
2.3 Organiser		
2.5 Persévérer		
2.6 S'impliquer		
2.8 Penser de façon systémique		
2.10 Présenter une solution		
Composante 3		
3.2 Appliquer un protocole		
3.4 Améliorer l'organisation		

4.2.2 Les questionnaires d'autoévaluation

Après avoir réalisé les cinq activités en RP de chaque niveau de difficulté, les élèves ont répondu à des questionnaires d'autoévaluation (Appendices C, E et G). Cela a permis d'identifier les sous-composantes mobilisées, et ce, du point de vue des élèves. Comme le préconise la recherche design en éducation (Brown, 1992; Reeves et McKinney, 2013), les questionnaires d'autoévaluation ont été modifiés au fil de la recherche. En ce sens, les questions ont été ajustées dans le but qu'elles soient compréhensibles par les élèves compte tenu du caractère complexe de la compétence à l'étude. Dans le même sens, elles ont été changées selon les niveaux de difficulté des activités en RP pour mettre en lumière les sous-composantes mobilisées lors des différentes activités de niveaux de complexité graduelle.

4.2.3 Les entrevues

Lorsque toutes les activités de niveau de difficulté graduelles ont été réalisées par les élèves, trois des quatre enseignantes ont participé à des entrevues individuelles (Appendice H) ; la quatrième étant absente lorsque les entrevues ont eu lieu. Ces entrevues visaient essentiellement à mettre en lumière le développement de la compétence à l'étude du point de vue des enseignantes (Appendice H). Elles permettaient de compléter les données recueillies et de détailler le développement de la compétence de résolution collaborative de problèmes surtout en ce qui concerne les activités de niveau 3.

4.2.4 Le *focus group*

Les *focus group* ont eu lieu à la fin de la dernière activité de robotique proposée aux élèves. Deux des trois groupes d'élèves y ont participé. Le groupe 2 composé de deux classes n'y a pas participé par manque de temps. Durant ces *focus groups*, il a été question de l'appréciation des élèves quant aux différentes activités ainsi que des apprentissages réalisés.

4.3 Les sous-composantes mobilisées lors des activités présentées en robotique pédagogique

Afin de répondre au premier objectif de recherche soit l'identification des sous-composantes mobilisées par les élèves lors des différentes activités de niveau de complexité graduelle, des données ont donc été recueillies auprès de deux sources : les enseignantes et les élèves. Chaque source a permis d'identifier les sous-composantes mobilisées par le biais de modalités de collecte de données différentes soit les grilles d'observation (enseignantes) (Appendice B, D et F), les questionnaires d'autoévaluation (élèves) (Appendices C, E et G) et les entrevues (enseignantes) (Appendice H) ainsi que

les *focus groups* (élèves) (Appendice I) : il y a donc eu triangulation des modalités de collecte de données et des sources (Karsenti, Savoie-Zajc, 2011).

D’abord, pour chaque composante, le nombre de sous-composantes observées lors des activités de niveau 2 et 3 (Appendices D et F) sera détaillé⁵. Des extraits des entrevues des trois enseignantes seront présentés pour compléter les résultats obtenus à l’aide des grilles d’observation. En outre, les données recueillies via le questionnaire d’autoévaluation rempli par les élèves ont également permis d’identifier certaines sous-composantes mobilisées lors des activités.

4.3.1 La composante 1 : Comprendre de façon collaborative

La section qui suit présente le développement de la composante 1 (Comprendre de façon collaborative) lors des activités de trois niveaux de difficulté graduelle. Ainsi, il sera question de définir les sous-composantes de cette composante qui ont été mobilisées, et ce, pour l’ensemble des modalités de collecte de données utilisées dans cette étude.

4.3.1.1 Activité de niveau 1

Lors des activités de niveau 1, aucune sous-composante de la composante 1 n’a été observée par les enseignantes. Par contre, les élèves ont répondu à la question 4 du premier questionnaire (Appendice C) : comment vous êtes-vous distribué les rôles dans votre équipe? Vingt-huit des 30 élèves questionnés ont répondu que tous les membres de l’équipe ont décidé en équipe de l’attribution des tâches. On peut en déduire que les élèves

⁵ En ce qui concerne les activités de niveau 1, aucun résultat relatif à la grille d’observation ne sera présenté, puisque les enseignantes ont jugé que les élèves n’ont mobilisé aucune sous-composante de la compétence à l’étude. Ce point sera analysé dans la partie discussion de ce travail.

considèrent avoir développé la sous-composante « Accomplir (1.3) » lors des activités de niveau 1. En ce sens, contrairement aux enseignantes qui considèrent que les élèves n'ont développé aucune sous-composante, les élèves affirment avoir développé au moins une sous-composante lors des activités de niveau 1 soit la composante 1 « Comprendre de façon collaborative ».

4.3.1.2 Activité de niveau 2 et 3

Un premier élément important est que les enseignantes ont exprimé le besoin d'ajouter deux niveaux d'atteinte puisqu'elles ont jugé que les trois niveaux proposés au départ (« Faible », « Moyen », « Élevé ») ne leur permettaient pas de bien situer le niveau de certains élèves observés. Le cadre méthodologique de la recherche design en éducation qui prévoit les modifications au devis initial nous a permis de mieux répondre aux besoins des enseignantes participantes et la grille utilisée par les enseignantes comportait 5 niveaux. Les résultats des élèves relatifs à leur niveau d'atteinte de la composante 1 pour les activités des niveaux 2 et 3 sont présentés dans la figure qui suit. En effet, la Figure 1 permet de comparer les résultats de la Grille d'observation 2 et 3 (Appendices C et D) pour les élèves observés quant aux niveaux d'atteinte suivants : « Faible », « Plutôt faible », « Moyen », « Plutôt élevé » ainsi qu'« Élevé ».

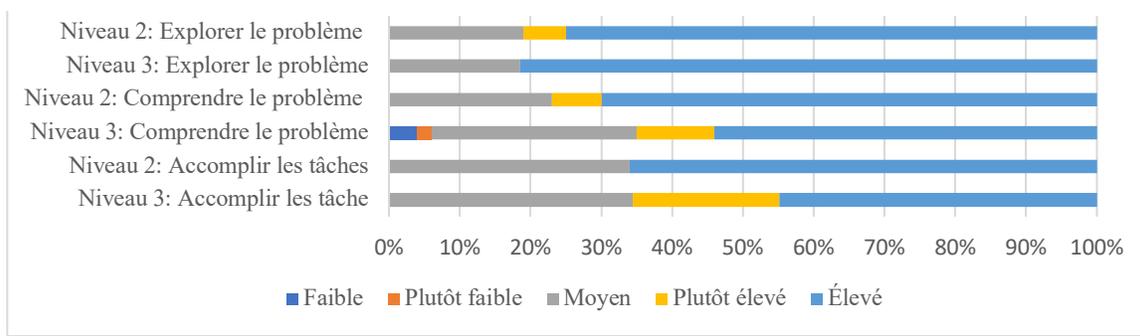


Figure 1 : Résultats des élèves pour la composante 1 lors des activités de niveau 2 et 3

Tel que l'indique la Figure 1, de façon générale, les résultats des élèves se situent majoritairement dans les niveaux d'atteinte plutôt élevé et élevé. Parmi toutes les sous-composantes, « Explorer (1.1) » est la sous-composante pour laquelle un plus grand pourcentage d'élèves ont atteint les niveaux d'atteinte élevés (« Plutôt élevé » et « Élevé ») : 75% des élèves l'ont atteint lors des activités de niveau 2 et autant que 83% des élèves l'ont atteint lors des activités de niveau 3. À l'inverse, les sous-composantes « Comprendre (1.2) : niveau 3 » ainsi qu'« Accomplir (1.3) : niveau 3 » représentent celles dont la proportion d'élèves se situant dans les niveaux d'atteinte élevés est la moins grande (65%).

De plus, la sous-composante « Accomplir (1.3) : niveau 3 » est celle qui a été observée chez le moins grand nombre d'élèves. En effet, alors que le nombre d'élèves observé pour les autres sous-composantes varie autour de 50 élèves, le total d'élèves observés pour cette sous-composante au niveau 3 n'est que de 29 élèves. Il semble donc que les enseignantes n'ont pas réussi à observer cette sous-composante chez 36 élèves. Pourtant, contrairement à ces résultats quantitatifs relativement plus bas, lorsqu'elles ont été questionnées durant les entrevues au sujet de la composante « Accomplir la tâche (1.3) », les trois enseignantes ont affirmé qu'elle était une des sous-composantes qui avait

été la plus développée durant les activités de RP. Leur perception globale du développement de cette sous-composante, pour les activités des niveaux 2 et 3, diffère donc assez des résultats obtenus en lien avec les grilles d'observation.

En ce qui concerne les sous-composantes « Comprendre (1.2) : niveau 3 » et « Accomplir (1.3) : niveaux 2 et 3 », elles représentent celles desquelles le nombre d'élèves se situant dans le niveau d'atteinte moyen est le plus grand soit autour de 30%. De plus, cette sous-composante « Comprendre (1.2) : niveau 3 » est celle qui a été la plus difficile à développer par les élèves, et ce, malgré la minime proportion de résultats plus faible. En effet, seulement 6% des élèves se sont situés dans les niveaux d'atteinte « Très faible » et « Faible », et ce, uniquement pour la composante « Comprendre (1.2) : niveau 3 ». Trois élèves sur un total de 52 élèves observés pour cette sous-composante ont donc eu « de la difficulté à comprendre le problème proposé lorsqu'ils devaient concevoir la construction et la programmation d'un robot dans le but de répondre à un problème scientifique et technologique » et se sont situés dans les niveaux « Faible » et « Plutôt faible ». Bien qu'il s'agisse d'une faible proportion, il est intéressant de s'interroger sur les raisons pouvant expliquer ces résultats. En effet, au niveau 2, aucun élève ne se situait dans ces niveaux d'atteinte. En ce sens, ces élèves ont été en mesure de comprendre les problèmes lors des activités de niveau 2, mais pas lors des activités de niveau 3. Cela pourrait s'expliquer notamment par le niveau de difficulté plus grand relatif au problème proposé.

En somme, il n'y a pas d'augmentation en termes de niveaux d'atteinte entre les niveaux 2 et 3 comme attendu. Cependant, le fait que les résultats se situent majoritairement dans les niveaux d'atteinte élevés semble démontrer que, selon les enseignantes, les activités ont respecté la zone proximale de développement des élèves. En

ce sens, les activités proposées, par leurs niveaux de complexité graduelle, les ont amenés à développer cette composante.

Selon les élèves, le questionnaire d'autoévaluation a également permis d'identifier une deuxième sous-composante mobilisée selon les élèves soit « Comprendre le problème (1.2) ». À la question 6, 47 % des élèves affirment avoir compris tous les cinq défis proposés, 28 % estiment en avoir compris 4, 17 % en ont compris 3 et 7% en ont compris 2. La mise en commun de ces résultats permet d'affirmer qu'environ 70% des élèves ont compris au moins quatre des cinq défis qui leur ont été proposés. En ce sens, on peut en déduire que les élèves affirment avoir compris les problèmes qui leur ont été proposés. Pour ce qui est des activités de niveaux 3, les observations des enseignantes ne peuvent cependant pas être corroborées par l'autoévaluation des élèves puisqu'ils n'ont pas été questionnés à ce sujet à ce moment (Annexe D).

4.3.2 La composante 2 : résoudre le problème

Le développement de la composante 2 (Résoudre le problème) sera présenté dans les paragraphes qui suivent. Les sous-composantes de cette composante qui ont été mobilisées seront définies selon les modalités de collecte de données qui en ont permis l'identification.

4.3.2.1 Les activités de niveau 2

Tout comme pour les activités de niveau 1, les enseignantes n'ont observé le développement d'aucune sous-composante de la composante 2 lors des activités de niveau 2. Les enseignantes n'ont probablement pas pris conscience qu'une composante était

complètement mise de côté, puisque le nom de ces dernières a été retiré de la Grille d'observation 2 (Appendice D). En ce sens, les enseignantes avaient une vision unitaire des sous-composantes plutôt que de les considérer à partir de leur composante. De ce fait, aucune observation à propos de la composante 2 (Résoudre le problème) en tant que telle n'a été recueillie pour les activités de niveau 2 par les enseignantes. Par contre, les élèves considèrent pourtant avoir développé deux sous-composantes de la composante 2 (Résoudre le problème) lors des activités de niveau 2. En effet, à la question 7 du questionnaire des activités de niveau 2, 72 % des élèves affirment avoir réussi au moins 3 défis soit : 38% trois défis, 24% quatre défis et 10 % tous les défis. Nous avançons que ces données nous indiquent le développement de deux sous-composantes soit « S'ajuster (2.7) » ainsi que « Penser de façon systémique (2.8) ».

Ainsi, les élèves ont dû « S'ajuster (2.7) » dans la mesure où, tel que le définit la Grille d'observation 1, ils ont dû « adapter leur raisonnement et/ou leurs actions quand leur compréhension du problème a évolué » (Appendice B). Aussi, pour comprendre les défis qui leur ont été proposés, il leur a fallu « explorer les options de solutions en discutant avec leur collègue de façon à reconstituer et réorganiser leur compréhension du problème à la recherche de nouvelles solutions » tel que le niveau d'atteinte élevé de cette sous-composante l'indique (Appendice B). De plus, les élèves ont dû « Penser de façon systémique (2.8) » dans la mesure où, pour relever les différents défis proposés, « ils devaient identifier les liens de causes à effets entre leur programmation et les manifestations de celle-ci sur les mouvements du robot, et ce, dans le but que le robot effectue les actions demandées pour relever les défis » (Appendice B). Ces résultats nous amènent à croire que, si 72 % des élèves ont compris au moins trois des cinq défis proposés,

les élèves se seraient sans doute situés au moins dans le niveau d'atteinte moyen s'ils avaient été observés pour cette sous-composante (2.8). Ainsi, ils ont « fait des liens à partir leurs différents essais de programmation (expérience) et leurs connaissances antérieures, et ce, en lien avec les différents types d'informations reliés à la programmation, la construction, les mouvements du robot, etc. » (Appendice B). En outre, ils ont utilisé leur compréhension de la situation de cause à effet pour « planifier et exécuter une séquence d'actions qui permettaient au robot de faire les mouvements nécessaires pour réussir les défis proposés » (Appendice B). La question 6 du questionnaire d'autoévaluation (Appendice E) a donc permis de mettre en lumière le développement de deux sous-composantes soit « S'ajuster » (2.7) et « Penser de façon systémique » (2.8). En somme, il s'agit tout de même de seulement trois sous-composantes mobilisées sur un total de dix. Plusieurs hypothèses d'explications envisageables seront abordées dans le chapitre de discussion.

4.3.2.2 Les activités de niveau 3

En ce qui concerne les apprentissages déclarés des élèves, le questionnaire d'autoévaluation n'a pas clairement permis d'identifier le développement d'une sous-composante de façon précise pour la composante 2 lors des activités de niveau 3. En effet, les questions ne permettaient pas de cerner les sous-composantes de façon assez précise due à la simplification du questionnaire ou au trop grand choix d'items⁶.

Pour les activités de niveau 3, les enseignantes ont identifié le développement de cinq sous-composantes de la composante. Elles ont procédé à l'identification de ces sous-

⁶ Nous rappelons que les enseignantes ont exprimé le besoin d'ajouter deux niveaux d'atteinte.

composantes par le biais de la Grille d'observation des activités de niveau 3 (Appendice F). Les cinq sous-composantes sont les suivantes : « Organiser (2.3) », « Persévérer (2.5) » et « S'impliquer (2.6) », « Penser de façon systémique (2.8) » et « Présenter une solution (2.10) ». Les niveaux d'atteinte attribués aux élèves pour les activités de niveaux 3 sont présentés dans la Figure 2.

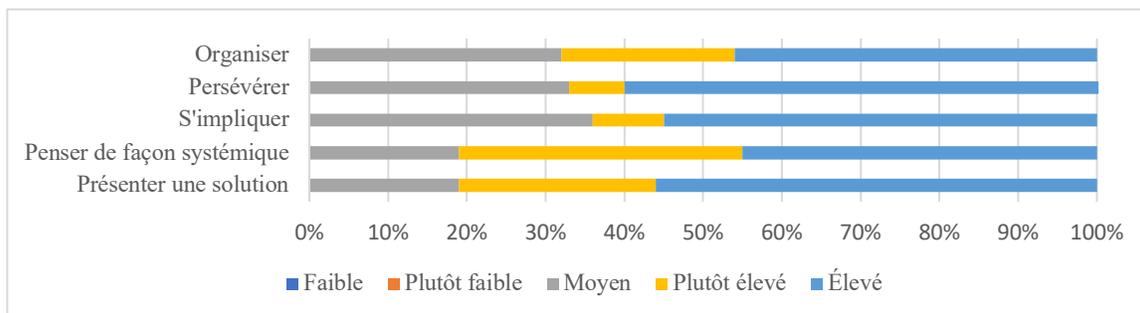


Figure 2. Résultats des élèves pour la composante 3 « Résoudre le problème »

Tout comme pour les résultats de la première composante, la majorité des élèves atteignent les niveaux élevés (« Plutôt élevé » et « Élevé ») pour la composante 2 : Résoudre le problème. En effet, pour toutes les sous-composantes présentées dans la Figure 2, entre 64% et 81% soit plus de la moitié des élèves se situent dans les niveaux d'atteinte élevés. Les composantes « Penser de façon systémique » (2.8) et « Présenter une solution » (2.10) sont les sous-composantes qui ont été les plus développées selon les enseignantes. En effet, autant que 81% des élèves atteignent les niveaux d'atteinte élevés pour ces sous-composantes. Pour les sous-composantes « Organiser » (2.3), « S'impliquer » (2.6) ainsi que « Présenter une solution » (2.10) bien que la majorité atteignent un niveau élevé, un tiers des élèves est un peu plus faible avec une proportion d'élèves atteignant le niveau d'atteinte « Moyen » de façon plus importante que pour les autres sous-composantes soit entre 32% et 36%.

Lors des entrevues, les enseignantes ont commenté le développement de la sous-composante « Présenter une solution » (2.10). Une enseignante (E1) corrobore les résultats obtenus à l'aide de la Grille d'observation des activités niveau 3 (Appendice F) : « (...) des belles collaborations, des équipes qui ont travaillé fort ensemble à trouver des solutions tout ça. Pour trouver des solutions (...) à deux, même à trois parce qu'il y en a qui apportaient d'autres idées. » Par contre, contrairement à ce point de vue ainsi qu'aux résultats de la Grille d'observations des activités de niveau 3 (Appendice F), l'enseignante (2) considère que la sous-composante « Présenter une solution » (2.10) était l'une des moins mobilisées. En effet, elle affirme que les élèves participants auraient eu besoin de plus de temps pour être en mesure de présenter une solution à la hauteur de leurs ambitions. Effectivement, lorsque les quatre périodes allouées pour programmer et construire le robot se sont terminées, les élèves ont présenté leur solution au reste de leur groupe. Durant la période de présentation, dans le groupe de l'Enseignante 2, peu d'élèves ont réussi à présenter une solution complète à ce moment, c'est-à-dire qu'ils n'ont pas réussi à faire bouger leur robot tel qu'ils le souhaitaient. Au regard des commentaires des enseignantes, on peut se questionner quant à l'interprétation qu'elles ont faite de la mobilisation de cette sous-composante. En effet, l'enseignante 1 ne semble pas avoir considéré seulement le produit final, mais plutôt l'ensemble du processus menant à la solution tel que l'indique la Grille d'observation de 1 (Appendice B). À l'opposé, l'enseignante 2 met peut-être davantage l'accent sur le produit final : « la solution finale (...) il faut que tu arrives à quelque chose : un robot programmé ». Ceci illustre possiblement les différences de posture épistémologiques des enseignantes et les conséquences en termes d'évaluation.

Par ailleurs, la Grille d'observation 1 (Appendice B) comprenait un volet en lien avec la compréhension du problème qui a été retiré dans les grilles d'observation des activités de niveau 2 et 3 (Appendice D et E) essentiellement pour alléger la quantité d'informations contenues dans la grille. Ainsi, la suppression d'informations dans les grilles d'observation modifiées à partir de la Grille d'observation 1 a amené les enseignantes à faire des observations différentes de l'intention de départ ce qui est normal dans le cadre de notre méthodologie. Sachant cela, l'enseignante 2 semble s'être davantage référée aux indicateurs des sous-composantes contenues dans les grilles d'observation simplifiée (2 et 3) tandis que l'enseignante 1 semble avoir pris en considération les indicateurs contenus dans la Grille d'observation 1. Notre objectif n'était pas ici de documenter ces différences entre enseignantes, mais de mettre à l'épreuve ces grilles. Cependant, ceci illustre que, malgré son caractère général, la mise en place de grilles d'observations ne fait pas disparaître les singularités des enseignantes et des études complémentaires seraient intéressantes pour documenter de manière plus exhaustive ces différences.

Les résultats obtenus à l'aide des grilles d'observation diffèrent également des réponses données en entrevue dans le cas de la sous-composante « Organiser (2.3) ». En effet, la Figure 2 indique que 66% des élèves, soit plus de la majorité, ont atteint les niveaux d'atteinte « Plutôt élevé » et « élevé ». Par contre, lorsqu'elles ont été questionnées à ce sujet durant les entrevues, les enseignantes 2 et 3 ont mentionné que cet élément est parmi ceux qui ont été le moins mobilisés. L'enseignante 2 affirme que les élèves auraient eu besoin de plus de temps pour être en mesure de développer cette composante. Quant à l'enseignante 3, elle précise en parlant d'elle-même et des autres enseignantes animatrices :

« on n'en a pas parlé vraiment, c'est sûr qu'ils n'ont pas passé beaucoup de temps là-dessus (expliqué comment gérer le temps) ». Nous avançons que ces données contradictoires obtenues via deux modalités différentes peuvent s'expliquer par les modifications appliquées à la Grille d'observation 1 (Appendice B). En effet, la sous-composante 2.3 « Organiser » est devenue « Gérer le temps » au fil des itérations. De plus, la suppression de l'indicateur (organiser les ressources en vue de résoudre le problème) qui permettait d'indiquer ce qui devait être observé a été retirée de la grille d'observation 1 (Appendice B). Les enseignantes ont fait ce choix pour alléger la grille d'observation. Possiblement que certaines enseignantes ont établi leur jugement seulement sur la gestion du temps plutôt que sur l'organisation des ressources de façon générale. On voit donc qu'entre l'indicateur initial et la version finale, il y a eu un glissement de sens qui explique sans doute en partie la disparité entre les résultats obtenus. Cela pourrait donc expliquer ce que les enseignantes 2 et 3 ont mentionné en entrevue : « les élèves ont eu de la difficulté à mobiliser cette sous-composante » (Enseignante 2) et « on ne leur en a pas vraiment parlé » (Enseignante 3). Toutefois, puisque les élèves ont présenté des solutions, elles ont probablement conclu en les observant qu'ils se sont bien organisés et donc qu'ils ont atteint le niveau élevé de cette sous-composante. On voit ici que les choix méthodologiques ont une incidence majeure sur l'absence ou la présence de certains indicateurs. Ce constat incite à être prudent dans nos conclusions, car il existe de multiples sources de variations, puisque de nombreuses personnes porteuses de leur propre représentation ont réalisé les observations. Cependant, cette limite est aussi une source de richesse, puisque l'objectif n'est pas ici de valider un outil de mesure, mais bien de se servir de la richesse des points de vue des acteurs pour développer, dans une approche design, un outil innovant.

Pour conclure l'analyse de cette composante, les informations importantes à retenir sont que la majorité des élèves ont développé ces sous-composantes de façon élevée lors des activités de niveau 3 si l'on se fie aux résultats obtenus à l'aide de la grille d'observation du niveau 3 (Appendice F), aux questionnaires d'autoévaluations des élèves lors des activités de niveau 2 et selon les entrevues réalisées à la fin de l'étude. Cependant, les modifications apportées à la Grille d'observation 1, dans le but d'en simplifier l'utilisation, ont modifié le sens à donner à certaines sous-composantes de la compétence 2 qui a généré une certaine confusion entre les objectifs des observations telle qu'imaginée au départ et ce qui a été observé réellement dans la classe avec les grilles modifiées. La section qui suit présente les résultats relatifs à la troisième et dernière composante de la compétence étudiée.

4.3.3 La composante 3 : organiser l'équipe

La composante 3 « Organiser l'équipe » contient quatre sous-composantes : « Établir un protocole (3.1) », « Appliquer un protocole (3.2) », « Améliorer la communication (3.3) » ainsi que « Améliorer l'organisation (3.4) » selon la Grille d'observation 1 (Appendice B). La mobilisation de ces sous-composantes varie selon les modalités de collecte de données ainsi que selon la source. Cela sera détaillé dans les sections qui suivent.

4.3.3.1 Les activités de niveau 1

Tel que mentionné précédemment, les enseignantes ont jugé qu'aucune composante de la compétence n'a été mobilisée lors des activités de niveau 1. Cependant, le questionnaire d'autoévaluation pour les activités de niveau 1 (Appendice C) permet de

constater un avis contraire à celui des enseignantes. En effet, à la question 8 du questionnaire (Appendice C) « comment avez-vous amélioré votre travail de collaboration dans l'équipe ? » 53 % des élèves affirment avoir trouvé des solutions et les avoir appliquées. Dans le même sens, 7% des élèves affirment avoir discuté des changements à apporter pour améliorer leur travail en collaboration, mais n'avoir pas trouvé de solution pour y arriver. Par contre, 30% des élèves affirment qu'ils n'avaient pas besoin de s'améliorer et 10% avouent avoir discuté d'autres sujets. En somme, 60% des élèves ont discuté des changements à apporter dans le but d'optimiser l'organisation du groupe et 53% d'entre eux ont été en mesure d'appliquer ces changements. À la lumière de ces résultats, plus de la moitié des élèves répondants considèrent donc avoir développé la composante « Améliorer l'organisation (3.4) ». Il s'agit donc d'une sous-composante développée selon les élèves pour les activités de niveau 1, mais qui n'auraient pas été développées selon l'avis des enseignantes qui n'ont pas rempli de grille d'observation pour ces activités, puisqu'elles ont jugé que les activités ne permettaient pas de développer la compétence de résolution collaborative de problèmes. Nous en discuterons plus loin.

4.3.3.2 Les activités de niveau 2

Lors des activités de niveau 2, les enseignantes ont observé le développement de deux sous-composantes sur quatre. Il s'agit des sous-composantes « Appliquer un protocole (3.2) » ainsi que de la sous-composante 3.4 « Améliorer l'organisation ». Quant aux élèves, ils ont également affirmé avoir développé la sous-composante « Améliorer l'organisation (3.4) ». En effet, à la question 13 « Avez-vous changé des choses dans votre équipe pour mieux travailler en collaboration ? » 76% des élèves considèrent avoir développé cette sous-composante soit : avoir parlé des changements et les avoir faits (48%)

ou avoir parlé des changements, mais n'avoir rien changé (28%) (Appendice E). Par contre, 22% des élèves ont indiqué que leur équipe n'avait pas d'améliorations à faire pour améliorer leur organisation. On peut donc conclure que la sous-composante « Améliorer l'organisation (3.4) » a donc été développée selon une majorité d'élèves et les enseignantes.

4.3.3.3 Les activités de niveau 3

Les résultats des observations des enseignantes pour la troisième composante sont semblables pour les activités de niveau 2 et 3. En effet, les enseignantes ont globalement observé une mobilisation comparable des mêmes sous-composantes de la composante pour les deux niveaux d'activité, soit les sous-composantes « Appliquer un protocole (3.2) » et « Améliorer l'organisation (3.4) ». Dans le but d'approfondir l'analyse des résultats relatifs au premier objectif de recherche, les résultats en lien avec la mobilisation de la composante 3 « Organiser l'équipe » seront présentés (Figure 3). Il s'agit des niveaux d'atteinte observés par les enseignantes quant aux sous-composantes de la composante.

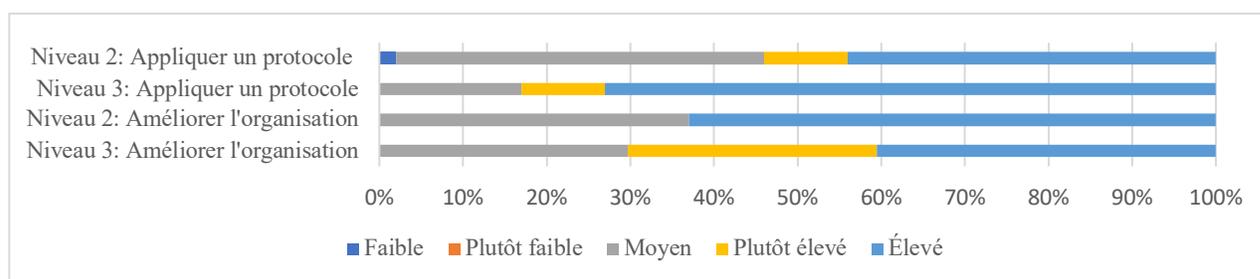


Figure 3. Résultats des élèves pour la composante « Organiser l'équipe »

La vision d'ensemble des résultats représentée par la Figure 3 démontre qu'une forte proportion d'élèves se situe dans les niveaux d'atteinte « plutôt élevé » ainsi qu'« élevé » soit de 54% à 83% pour cette composante. Les élèves ont particulièrement

bien réussi à mobiliser la sous-composante « Améliorer l'organisation (3.4) » lors des activités de niveau 3, puisque 83% des élèves se sont situés dans les niveaux d'atteinte « plutôt élevé » et « élevé ».

Par ailleurs, les résultats relatifs à la sous-composante « Appliquer un protocole » (3.2) se situent majoritairement dans les niveaux d'atteinte « moyen » et « faible ». En effet, pour cette sous-composante lors des activités de niveau 2, une forte proportion d'élèves ont été situés dans le niveau d'atteinte « Moyen ». Plus précisément, il s'agit de la plus grande proportion parmi les quatre sous-composantes observées soit 44%. Dans le même sens, il s'agit de la seule sous-composante pour laquelle des élèves ont été placés dans le niveau d'atteinte faible. Cela veut donc dire que « certains élèves n'étaient pas au courant du déroulement en vue de la résolution du problème » (Appendice B). En effet, dans certaines équipes, des élèves prenaient une plus grande part de responsabilités face à la résolution du problème ce qui laissait peu de place aux autres membres de l'équipe. Lorsque nous les avons interrogés au sujet du travail collaboratif lors du *focus group*, plusieurs élèves ont affirmé s'être spécialisés dans un aspect de la robotique. L'élève 4.1 affirme : « justement y'avait des gens qui étaient plus spécialisés comme mettons dans la programmation et alors si t'avais des problèmes, tu pouvais vraiment en parler avec la personne et comme ça en même temps des fois, ça aussi des gens comment est-ce qu'ils se parlent peut t'aider à mieux comprendre pour après réussir à refaire qu'est-ce que la personne qui est plus spécialisée dans ça est capable de faire ». Les propos de l'élève 6.1 vont dans le même sens : « je n'aurais sûrement pas réussi à faire ce qu'on a fait aujourd'hui parce que dans la programmation ça va, par exemple, dans la construction, c'est plus difficile pour moi... ». Par contre, par la suite, ces deux élèves ont affirmé s'être

améliorés dans la dimension avec laquelle il était moins habile. Ces citations nous permettent de supposer que certains membres de l'équipe étaient plus habiles—avec un aspect de la robotique (construction, programmation) que les autres membres de leur équipe. En ce sens, certains aspects de la résolution du problème n'étaient possiblement pas connus par tous les membres de l'équipe.

Du point de vue des élèves également, les résultats relatifs au questionnaire d'autoévaluation des activités de niveau 3 (Appendice G) rejoignent les résultats du questionnaire d'autoévaluation des activités de niveau 2 (Appendice F). En effet, les élèves ont majoritairement répondu qu'ils avaient tenté d'améliorer l'organisation de leur équipe. Par contre, la proportion d'élèves considérant que leur équipe n'avait pas d'amélioration à faire pour « Améliorer leur organisation » est plus grande soit de 8% plus élevé. Ainsi, à la question 16 du troisième questionnaire (Appendice G) « Avez-vous changé des choses dans votre équipe pour mieux travailler en collaboration ? », 30 % des élèves ont affirmé ne pas avoir « amélioré leur organisation ». Par contre, 66% des élèves ont identifié les améliorations à apporter dans le but de développer la sous-composante : 17 % ont parlé des changements à faire, mais n'ont pas réussi à les appliquer et 49% ont parlé des changements et les ont faits.

4.3.4 Bilan des sous-composantes mobilisées lors des activités présentées en robotique pédagogique

L'ensemble des résultats présentés dans la présente section a permis d'une part d'identifier clairement quelles sous-composantes de la compétence de résolution collaborative de problèmes ont été mobilisées, lors des activités de RP proposées aux

élèves, et d'autre part, de préciser également les niveaux atteints pour chaque sous-composante observée grâce à l'utilisation des grilles d'observations par les enseignantes participantes. Ce faisant, l'utilisation de trois modalités de collecte de données a permis de trianguler nos résultats. Ainsi, l'utilisation de grilles d'observation a permis aux enseignantes de déterminer pour les élèves observés, le niveau d'atteinte de chaque sous-composante. Cela a permis de voir non seulement quelles sous-composantes ont été sollicitées et développées, mais également leur niveau d'atteinte, et ce, pour presque chaque niveau de complexité des activités. Les questionnaires d'autoévaluation remplis par les élèves ont permis de détailler le développement de la compétence à l'étude. En effet, certaines sous-composantes ont été considérées comme étant développées du point de vue des élèves tandis que les enseignantes ne les avaient pas identifiées. De plus, les entrevues avec les enseignantes ont permis dans certains cas de valider les observations faites à partir des grilles d'observations. Au contraire, pour d'autres sous-composantes, les entrevues ont permis de mettre en lumière certaines disparités entre les données d'observation récoltées durant les activités et l'impression qu'en ont gardé les enseignantes.

Les résultats présentés ci-dessus ont permis également de relever que le nombre de sous-composantes mobilisées a augmenté en fonction du niveau de difficulté des activités (ce qui est d'ailleurs attendu, car la séquence didactique offre elle-même une progression). En effet, il a été impossible pour les enseignantes d'observer le développement de composantes de la compétence à l'étude lors des activités de niveau 1. Par la suite, elles ont documenté le développement de cinq sous-composantes de deux composantes lors des activités de niveau 2 ainsi que dix sous-composantes des trois composantes lors des

activités de niveau 3. Toutefois, il est important de prendre en considération le fait que les enseignantes se sont approprié la grille d'observation au fil de l'étude. En ce sens, on peut se questionner à savoir si les enseignantes auraient pu observer le développement de plus de sous-composantes lors des activités de niveau 1, 2 et 3. Quelques pistes de réflexion seront abordées en ce sens dans le chapitre de discussion. Selon les questionnaires d'autoévaluation des élèves, on remarque également une augmentation du nombre de sous-composantes mobilisées en fonction du niveau de difficulté des activités. Plus précisément, selon les résultats mis en commun, les élèves ont développé trois sous-composantes lors des activités de niveau 1, sept sous-composantes lors des activités de niveau 2 ainsi que dix sous-composantes lors des activités de niveau 3. Il est important de noter que, lorsque l'on met en commun les résultats, toutes les composantes ont été mobilisées selon les élèves lors des activités des trois niveaux de difficulté. En ce sens, contrairement aux résultats obtenus par les grilles d'observation, les réponses aux questionnaires d'autoévaluation permettent d'identifier la mobilisation de la composante « Résoudre le problème » lors des activités des trois niveaux de difficulté. La Figure 4 présente une vision d'ensemble du nombre de sous-composantes observées lors des différentes activités de RP proposées aux élèves selon les enseignantes (grille d'observation) et les élèves (questionnaire d'autoévaluation).

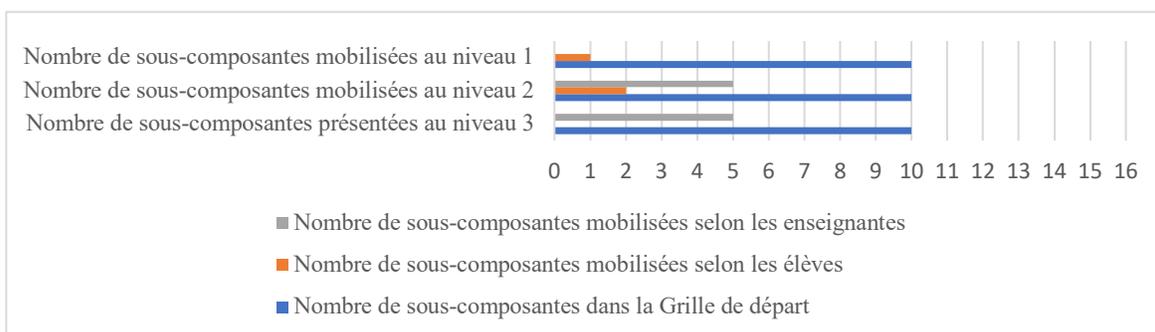


Figure 4. Nombre de sous-composantes observées

Qui plus est, les résultats présentés permettent d'affirmer que plusieurs sous-composantes de la compétence à l'étude ont été mobilisées, pour la majorité des élèves, et ce, à des niveaux d'atteinte allant généralement de moyen à très élevé. Les données recueillies par les autoévaluations ainsi que les extraits d'entrevues des enseignantes ont permis d'approfondir voire de contraster les résultats tirés des grilles d'observation (Appendice D et F) remplies par les enseignantes lors des différentes activités, ce qui renforce d'autant la valeur des résultats présentés. Tous les résultats présentés plus haut nous ont donc permis de répondre à notre premier objectif de recherche. La section qui suit se penchera sur le second objectif de cette recherche.

4.4 L'analyse de la relation entre le développement de la compétence à l'étude et le niveau de complexité des activités présentées

Les résultats présentés précédemment nous ont non seulement permis de connaître les composantes de la compétence étudiée qui sont mobilisées lors d'activités de RP de niveau de complexité graduelle, mais ils permettent également de répondre en partie à notre deuxième objectif de recherche. En effet, tel que nous l'avons vu plus haut, le développement de la compétence a évolué dans le même sens que le degré de complexité des activités de RP présentées aux élèves. En effet, le nombre de sous-composantes observées par les enseignantes avec les grilles d'observation (Appendice D et F) a généralement augmenté d'un niveau d'activités à l'autre, passant d'aucune pour les activités de niveau 1, à cinq pour les activités de niveau 2 et dix pour les activités de niveau 3 (Figure 4). Il s'agit donc de la première piste qui sera analysée pour répondre au deuxième objectif dans les paragraphes qui suivent. Puis, les résultats des élèves en lien avec les

grilles d'observation se situant majoritairement dans les niveaux d'atteinte « plutôt élevé » et « élevé » nous permettront d'approfondir une deuxième piste d'analyse. Bien que la grille d'observation soit au cœur des analyses relatives au deuxième objectif de recherche, quelques extraits de courts *focus groups* réalisés avec deux groupes d'élèves seront également présentés dans le but de compléter notre analyse des résultats.

4.4.1 L'augmentation du nombre de sous-composantes mobilisées

Dans la section précédente, les données présentées ont démontré le nombre de sous-composantes développées selon les enseignantes durant les activités de RP proposées. La Figure 5 qui suit présente le nombre de sous-composantes observées par les enseignantes lors des activités de RP (les résultats des élèves se situent presque tous dans le niveau élevé). Ici, les trois composantes sont regroupées, ce qui permet de comparer plus facilement entre eux, les trois niveaux d'activités.

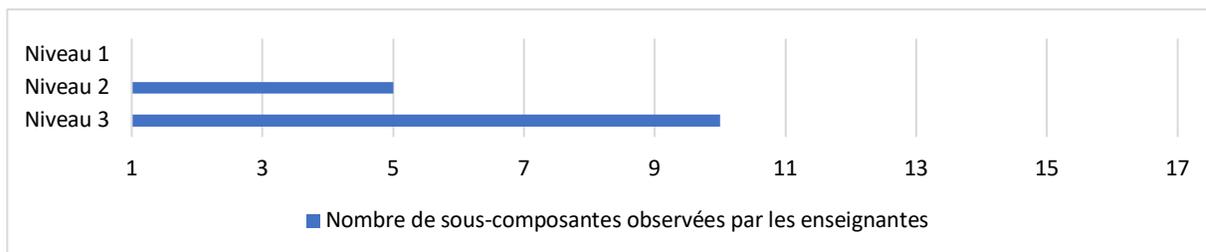


Figure 5. Sous-composantes observées par les enseignantes

La figure 5 permet de constater que le nombre d'éléments mobilisés selon les enseignantes augmente avec le niveau de complexité des activités de RP présentées aux élèves. En effet, plus le niveau de difficulté des activités était élevé, plus les enseignantes ont observé de sous-composantes mobilisées par les élèves. Ainsi, les enseignantes ont jugé qu'aucune sous-composante n'a été développée lors des activités de niveau 1. Lors des

activités de niveau 2, elles ont observé le développement de cinq sous-composantes, et ce, en lien avec seulement deux des trois composantes de la compétence (Appendice D). Finalement, les activités de niveau 3 ont permis de développer un total de dix sous-composantes selon la grille d'observation (Appendice F). Les activités de niveau 3 ont donc permis de développer autant que dix sous-composantes parmi les dix-sept présentées dans la Grille d'observation 1 (Appendice B). Rappelons que la Grille d'observation 1 résumée par le tableau 2 portait sur dix-sept sous-composantes soit trois sous-composantes pour la composante 1 (Comprendre de façon collaborative), dix sous-composantes pour la composante 2 (Résoudre le problème) et quatre sous-composantes pour la compétence 3 (Organiser l'équipe). Par contre, il est important de noter que le fait que les enseignantes se soient approprié la grille d'observation au cours des activités peut constituer une limite qui a pu influencer les résultats obtenus.

En ce qui concerne les *focus groups* réalisés avec les élèves, six élèves ont évoqué qu'ils avaient apprécié la liberté de réflexion associée à l'agentivité épistémique que les activités de niveau 3 leur ont permis de développer. Par exemple, l'élève 2.1 affirme que le projet lui a permis de « développer son imagination », l'élève 4.2 spécifie qu'il a pu « être plus créatif » et « construire ce qu'il voulait », l'élève 12.1 évoque qu'il « était plus fier (d'avoir construit) un robot sans le plan à partir de sa tête et ses idées ». En somme, selon les élèves, le nombre de sous-composantes observé augmentent considérablement entre chaque niveau de difficulté ce qui a permis, selon les élèves, de tenir le rôle d'agent épistémique notamment en développant leur créativité de par les libertés que le projet leur a accordées.

Le fait de retrouver une augmentation du nombre de sous-composantes en fonction du niveau de complexité graduelle à la fois chez les enseignantes et chez les élèves démontre selon nous le développement de la compétence chez les élèves. Ainsi, plus le niveau de difficulté des activités augmentait, plus les élèves développaient la compétence de façon complète, puisque de nouvelles sous-composantes de la compétence étaient sollicitées, donc pouvaient être observées par les enseignantes. Nous nous attendions à un tel résultat. En effet, les activités présentées aux élèves étaient de plus en plus difficiles. Au niveau 1, elles consistaient essentiellement à découvrir les fonctionnalités de base de la trousse de RP par le biais d'activités procédurales de programmation et de construction. À cette étape, les enseignantes n'ont observé la mobilisation d'aucune composante de la compétence de résolution collaborative de problèmes, notamment parce qu'elles ne considéraient pas que les élèves étaient appelés à résoudre un problème. De leur côté, la majorité des élèves ont affirmé avoir développé la sous-composante 1.3 en affirmant que tous les membres de l'équipe ont décidé en équipe de l'attribution des tâches lors des activités de niveau 1.

Plus tard, lors des activités de niveau 2, les élèves devaient relever des défis qui exigeaient une appropriation plus approfondie du logiciel de programmation pour faire bouger le robot ainsi qu'une connaissance plus développée de l'aspect de la construction du robot pour être en mesure d'installer des capteurs à leur robot. Lors de ces activités, les enseignantes ont observé le développement de cinq sous-composantes reliées à deux des trois composantes de la compétence. En effet, elles n'ont pas identifié la mobilisation de la composante « Résoudre le problème ». L'hypothèse que les sous-composantes de la

composante « Résoudre le problème » soient plus difficiles à observer est envisageable. Nous en reparlerons dans le chapitre de discussion.

Finalement, lors des activités de niveau 3, les élèves devaient concevoir entièrement un robot et sa programmation à partir d'un problème scientifique et technologique. Les élèves devaient donc utiliser les connaissances qu'ils avaient apprises lors des activités des niveaux précédents. Pour ces activités, les enseignantes ont observé la mobilisation de dix des dix-sept sous-composantes de la compétence. À cette étape, on peut imaginer qu'elles ont été en mesure d'observer le développement de la compétence 2 « Résoudre le problème ». Il est possible que la composante ait été plus facile à observer lors de ces activités ou alors que les élèves aient commencé à développer cette composante qu'à cette étape. Cependant, puisque les élèves ont affirmé avoir développé cette composante avec leurs réponses au questionnaire d'autoévaluation des activités de niveau 2, il semble que la seconde explication soit moins plausible.

Par ailleurs, les élèves déclarent être en mesure de réaliser les activités malgré le niveau de difficulté qui augmentait et ils disent également avoir développé des modes de pensées qui leur étaient propres (Papert, 1993). D'ailleurs, l'élève 2.1 commente cet aspect du courant constructionniste lors du *focus group* : « Ben moi c'était plus facile en équipe parce que, en fait, si t'avais un problème, ben tu pouvais demander à tes coéquipiers comme vous vous pensez quoi sur le problème. On pourrait faire ça, ça, ça. Pis à la fin, d'habitude, on trouve une, une solution. Mais parfois quand ça ne marche pas ben, il faut juste continuer pis essayer de faire avec ». De plus le développement de la compétence à l'étude leur a permis de participer aux activités de niveau 3 dont le niveau de difficulté est non négligeable pour des élèves de leur âge soit de concevoir un robot et sa programmation à

partir d'un problème scientifique et technologique. Durant le *focus group*, l'élève 1.2 explique qu'il a apprécié résoudre le problème scientifique et technologique qui lui a été présenté, et ce, malgré le fait qu'il a rencontré un conflit cognitif : « j'aimais mieux les activités de niveaux 3 (...) parce que notre cerveau pensait plus ». Au sujet des activités de niveau 3, plusieurs élèves ont affirmé avoir apprécié faire partie d'une communauté de pratique scientifique (*science practice*) en évoquant « la construction de leur propre robot » (Élève 3.2), « (mes collègues) m'ont beaucoup aidé. Je suis plus à l'aise dans la construction et la programmation. Je pense que le travail d'équipe est très important dans la robotique » (Élève 6.1). En résumé, activités de niveau 3 ont donné l'occasion aux élèves de participer à une communauté de pratique scientifique dans la mesure où ils se sont engagés dans un processus de réflexion authentique porteur de sens pour les élèves qui prenait en compte leurs connaissances antérieures et en mettant les idées des élèves au premier plan (Stroupe, 2015). Ainsi, l'apport des activités de niveau 3 constitue un complément non négligeable notamment, puisqu'il a permis d'augmenter l'intérêt de certains élèves envers ces activités malgré leur degré de complexité supérieur. En résumé, les données quantitatives relatives aux grilles d'observation (Appendice D et E) et les données qualitatives relatives aux apprentissages déclarés par les élèves lors du *focus group* indiquent que le développement de la compétence à l'étude a évolué dans le même sens que la complexité des activités de RP présentées aux élèves. La section qui suit permet d'émettre un constat similaire en lien avec les résultats des élèves à partir des données des grilles d'observation.

4.4.2 Les résultats majoritairement élevés des élèves

Les sections précédentes ont présenté les résultats des élèves pour chaque composante. Dans cette section, les résultats de toutes les sous-composantes ont été cumulés de façon à présenter une vision d'ensemble du niveau d'atteinte majoritairement atteint pour les activités des niveaux 2 et 3. Cela permet de démontrer où se sont situés les élèves majoritairement pour chaque niveau d'atteinte. La Figure 6 présente la proportion (en pourcentage) des résultats des élèves se situant dans les différents niveaux d'atteinte pour chaque niveau de difficulté des activités présentées en RP.

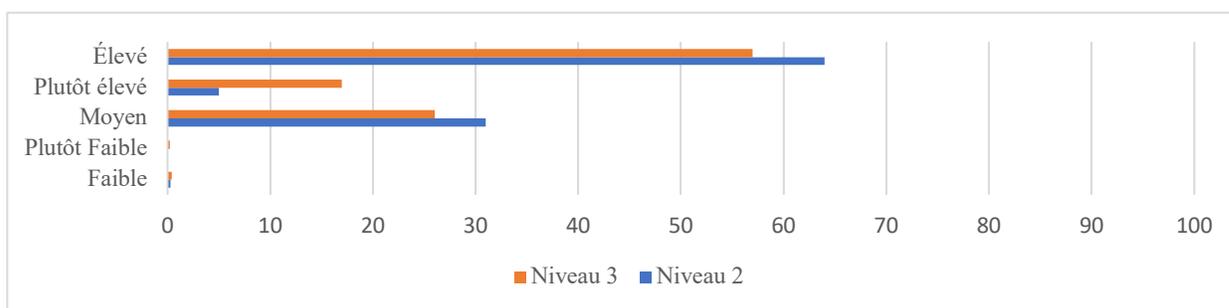


Figure 6. Pourcentage des élèves dans chaque niveau pour les activités de niveaux 2 et 3

La mise en commun des résultats des grilles d'observation (Appendices D et F) des élèves pour les activités de niveau 2 et 3 démontre que les élèves se sont situés majoritairement dans le niveau d'atteinte « élevé » lorsqu'ils ont été observés par les enseignantes. Cela signifie que, lorsque le développement d'une sous-composante a été observé chez les élèves, ils ont atteint un niveau moyen ou mieux, et ce, pour les activités de niveau 2 ou 3. En ce sens, on peut donc constater que le niveau d'atteinte s'est maintenu malgré le fait que les activités présentées étaient de plus en plus difficiles ce qui démontre selon nous le développement de la compétence à l'étude.

En somme, le fait que le nombre de sous-composantes mobilisé aient augmenté dans le même sens que le niveau de complexité des activités permet d'une part de confirmer

l'hypothèse de départ. Cette dernière étant que les élèves allaient développer la compétence de résolution collaborative de problèmes en fonction de la complexité graduelle des activités. D'autre part, les résultats obtenus par les élèves lors des activités de niveau 2 et 3 se situant majoritairement dans le niveau d'atteinte élevé vont dans le même sens que l'hypothèse de départ ce qui répond au deuxième objectif de recherche. En effet, même si le niveau de complexité des activités a augmenté de façon graduelle d'un niveau d'activité à l'autre, les élèves ont maintenu, dans la majorité des cas, le niveau d'atteinte élevé. En ce sens, on peut affirmer que les activités proposées ont respecté la zone proximale de développement des élèves et que ces derniers ont développé leur compétence de résolution collaborative de problèmes à travers les activités.

Pour conclure, les résultats présentés en début de chapitre ont permis d'identifier et de décrire la mobilisation des composantes de la compétence de résolution collaborative de problèmes. En effet, lors des activités de niveau 1, peu de sous-composantes de la compétence à l'étude ont été mobilisées. Malgré cela, le nombre de sous-composantes mobilisées a augmenté en fonction du niveau de complexité des activités pour atteindre un total de dix sous-composantes mobilisées parmi les 17 présentées au départ. Entre autres, le nombre de sous-composantes a permis également de répondre au deuxième objectif de recherche. En effet, cette augmentation signifie également que la compétence s'est de plus en plus développée au fil des activités de niveau de complexité graduelle. Finalement, les résultats élevés des élèves quant au niveau d'atteinte des sous-composantes de la compétence permettent également de conclure que les élèves ont mobilisé la compétence en fonction des niveaux de difficulté graduelle des activités de niveau 1 à 3.

5. Chapitre V : La discussion

Le chapitre précédent a permis de mettre en lumière le développement de la compétence de résolution collaborative de problèmes lors des activités de robotique pédagogique (RP) que nous avons proposées aux élèves participants à notre étude. En cohérence avec ces résultats quantitatifs et qualitatifs, le chapitre qui suit permettra d'effectuer un retour sur les activités des trois niveaux de difficulté graduelle. À cette fin, une dernière version de grille d'observation sera proposée pour les trois niveaux de difficulté des activités présentées. En effet, les réponses des élèves aux questionnaires d'autoévaluation ainsi que les observations de la chercheuse permettent d'ajouter des sous-composantes à observer lors de la reproduction des activités proposées dans cette recherche. Finalement, des conclusions seront présentées dans le but d'exposer une vision d'ensemble de la recherche.

5.1 Les activités de niveau 1 : Construction et programmation procédurale

Rappelons que les activités de niveau 1 consistaient essentiellement à explorer la robotique pédagogique (RP) en termes de programmation et de construction. L'objectif premier était que les élèves acquièrent des connaissances relatives aux fonctionnalités de base de la trousse de robotique. Malgré tout, il est important de considérer que ces activités étaient essentielles à la réalisation des activités des niveaux 2 et 3.

Les réponses des élèves ont permis de mettre en lumière le développement de sous-composantes qui n'avaient pas été sélectionnées par les enseignantes soit les sous-composantes « Communiquer (1.3) » et « Améliorer l'organisation (3.4) ». Ces dernières seront incluses dans la Grille d'observation 4 (Figure 7) puisqu'elles seront possiblement observables lors de la réalisation future des activités de niveau 1. En plus de ces sous-

composantes, la chercheuse a ajouté à la Grille d'observation 4 la sous-composante 2.5 *Persévérer*. En effet, lors des activités de niveau 1, certains élèves n'ont pas été en mesure de régler les difficultés techniques auxquelles ils ont dû faire face. De plus, certains élèves questionnaient énormément les enseignantes pour qu'elles accomplissent une étape de montage à leur place plutôt que de tenter de le faire seul ou en équipe par exemple. À l'inverse, plusieurs équipes ont persévéré dans l'accomplissement de leur tâche en mobilisant plusieurs stratégies (Griffin et Care, 2015). Les observations de la chercheuse ont donc permis de déduire que la sous-composante 2.5 pouvait s'observer lors des activités de niveau 1. La Figure 7 qui suit présente donc la Grille d'observation 4 construite à partir de l'analyse des résultats obtenus et comprenant les sous-composantes de la compétence de résolution collaborative de problèmes pouvant être observées lors de la réalisation des activités de niveau 1. En somme, les activités de niveau 1 permettent d'observer le développement de 3 sous-composantes de la compétence de résolution collaborative de problèmes ce qui répond au premier objectif de recherche en lien avec les activités de niveau 1.

Figure 7 : Grille d'observation 4 pour les activités de niveau 1

1- Compréhension collaborative				
Sous-composantes	Éléments à observer	Niveau d'atteinte bas	Niveau d'atteinte moyen	Niveau d'atteinte élevé
1.3 Communiquer	Accomplir la tâche dans une perspective de travail en collaboration	Travaille indépendamment des autres.	-Accomplit sa ou ses tâche(s) et sous-tâches -Fait part de ses avancées, questionnements et obstacles aux autres.	-Participe à l'attribution des tâches. -Accomplit sa ou ses tâche(s) -Participe à la mise en commun des résultats.
2- Résoudre le problème				
Sous-composantes	Éléments à observer	Niveau d'atteinte bas	Niveau d'atteinte moyen	Niveau d'atteinte élevé
2.5 Persévérer	Entreprendre et accomplir la tâche ou une partie de la tâche individuellement.	N'entreprend pas sa part du travail.	N'est pas en mesure de compléter sa part du travail.	Persévère dans l'accomplissement de sa part du travail (tentatives répétées et mobilisation de plusieurs stratégies.)
3- Organiser le groupe				
Sous-composantes	Éléments à observer	Niveau d'atteinte bas	Niveau d'atteinte moyen	Niveau d'atteinte élevé
3.4 Améliorer l'organisation	Faire des changements pour optimiser les performances du groupe	Ne fait pas part des faiblesses remarquées ou impose sa vision	Prends peu part aux discussions de groupe et/ou a de la difficulté à respecter l'opinion d'un ou de plusieurs membres de son équipe.	S'assure que tous les membres de l'équipe font part de leur point de vue et des solutions qu'ils ont envisagées Respecte et négocie en vue d'un consensus.

En ce qui concerne le deuxième objectif de recherche qui vise l'analyse de la relation entre le développement de la compétence à l'étude et le niveau de complexité des activités de RP, nous concluons que les activités de niveau 1 permettent d'établir les bases relatives au développement de la compétence. En effet, les activités de construction et de programmation procédurales (niveau 1) visaient plutôt l'acquisition de connaissances que de compétences. Plus précisément, les élèves apprenaient à connaître les notions de base en lien avec les trois principaux aspects de la RP soit la construction, la programmation et le comportement du robot, sans résoudre de problème au sens où nous l'avons défini. Ainsi, les activités du niveau 1 ne sont pas novatrices, elles font peu intervenir le jugement et les

choix de l'élève dans un processus de résolution de problème (Papert, 1993) ; elles relèvent plutôt d'un enseignement que l'on pourrait juger de conservateur et ne placent pas l'élève dans une position d'agent épistémique (Stroupe, 2014). Il est important de prendre en note que les enseignantes ont observé les élèves lors des activités de construction seulement. En ce sens, lorsque les élèves ont exploré l'aspect de la programmation relative à la RP, la chercheuse n'était pas présente et les enseignantes n'ont pas rempli la grille d'observation. Ainsi, nous supposons qu'il aurait été possible d'observer le développement de certaines composantes lors des activités de niveau 1. En somme, les activités de niveau 1 ont permis aux élèves d'acquérir les connaissances ainsi que les compétences nécessaires à la réalisation des activités de niveau 2 de construction procédurale et de choix de programmation.

5.2 Les activités de niveau 2 : Construction procédurale et choix de programmation

Les activités de niveau 2 consistaient essentiellement à choisir les icônes de programmation et à les régler en fonction du trajet à parcourir pour relever les défis proposés. Les élèves avaient également à ajouter des capteurs au robot fabriqué lors des activités de niveau 1 ce qui permettait à ce robot d'effectuer de nouveaux comportements. Lors de ces activités, les enseignantes ont observé cinq sous-composantes relatives à deux des trois composantes proposées. En effet, la composante 2 (Résoudre le problème) n'a pas du tout été observée par les enseignantes. Afin de mieux rendre compte des sous-composantes travaillées par les élèves lors des activités de niveau 2, nous proposons d'ajouter à la Grille d'observation 5 (Figure 8) la sous-composante « S'ajuster (2.7) » qui a été relevée par le questionnaire d'autoévaluation. De plus, la chercheuse propose d'ajouter les sous-composantes « Persévérer (2.5) » ainsi que « Penser de façon systémique

(2.8) » dans le but de compléter les observations qui permettront d’englober l’ensemble des sous-composantes observables lors des activités de niveau 2.

Comme nous l’avons mentionné plus haut, le questionnaire d’autoévaluation rempli par les élèves participants a permis d’identifier le développement de la sous-composante « Persévérer (2.5) » lors des activités de niveau 2. Par exemple, certains élèves ont abandonné après avoir tenté quelques tentatives de programmation tandis que d’autres élèves ont persévéré pour arriver à relever les défis (Griffin et Care, 2015). En effet, une enseignante (4) a confié qu’aucune équipe de sa classe n’a été en mesure de relever un des défis. L’enseignante a alors rassemblé tous les élèves de sa classe pour qu’ils soient en mesure de le relever ensemble, en groupe. Cependant, malgré le fait que plusieurs élèves aient participé à la résolution de ce défi, certains élèves ont complètement abandonné. En ce sens, ce ne sont pas tous les élèves qui ont persévéré pour relever les défis qui leur ont été proposés. On peut supposer que les élèves n’avaient pas l’habitude de faire face à ce type d’obstacle cognitif. En effet, l’apprentissage par développement de compétences ainsi que l’enseignement ambitieux (Stroupe, 2014), tel qu’il est question dans cette recherche, exige une forte implication de l’élève (imagination, ingéniosité, pensée systémique, etc.) ce qui a pu possiblement modifier le « contrat didactique » auquel les élèves ont l’habitude de s’engager (Perrenoud, 1995). Les propos de l’élève 6.2 lors du *focus group* vont dans ce sens : « au début, je n’étais pas trop content. Je pense que je trouvais que je ne faisais pas assez et j’étais très fâché, mais là je trouve que je fais mieux et je commence à m’intéresser au robot. » Possiblement que c’est avec le temps que certains élèves, moins habitués à l’enseignement ambitieux et au rôle d’agent épistémique, sont devenus plus à l’aise avec le type d’activités complexes présenté (Stroupe, 2014)

Selon nos observations, il est également possible d'observer le développement de la sous-composante « S'ajuster (2.7) ». En effet, lorsque les élèves devaient relever des défis durant les activités de niveau 2, il a été possible d'observer que certaines équipes ont « maintenu une seule ligne d'approche et qu'elles sont restées inactives face aux problèmes et aux ambiguïtés rencontrés » (niveau d'atteinte faible) (Appendice D) ce qui les a empêchés de relever certains défis (Griffin et Care, 2015). Au contraire, certaines équipes ont « reconstitué et réorganisé leur compréhension du problème à la recherche de nouvelles solutions » (niveau d'atteinte élevé) (Appendice D) (Kelley et al., 2014). Elles ont donc réussi à pallier leurs difficultés ce qui leur a permis d'avoir la possibilité de trouver une solution pour relever les défis qui leur ont été proposés (Griffin et Care, 2015). En ce sens, il est essentiel que les élèves adaptent leur raisonnement ainsi que leurs actions lorsque leur compréhension du problème évolue. Pour ces raisons, il nous semble pertinent d'ajouter à la grille d'observation des activités de niveau 2 la sous-composante « S'ajuster (2.7) ».

Nous proposons également l'observation du développement de la sous-composante « Penser de façon systémique (2.8) » dans la mesure où les élèves ont dû identifier les liens de cause à effets entre les trois éléments relatifs à la robotique pour relever les défis proposés lors des activités de niveau 2. En effet, selon nos observations, cette sous-composante était essentielle pour relever les défis relatifs aux activités de niveau 2 ; les élèves devaient comprendre les liens de cause à effet entre la programmation et les comportements que celle-ci engendrait sur le robot dans le but de planifier leur séquence d'actions (Griffin et Care, 2015). De plus, les élèves devaient ajouter des capteurs à leur robot lors de chaque défi ce qui ajoutait un élément supplémentaire avec lequel faire des liens de cause à effet. Dans le cas du niveau d'atteinte bas, si les élèves se concentraient

sur un aspect isolé de la programmation par exemple, il était impossible pour eux de compléter le défi proposé (Griffin et Care, 2015). À l'inverse, si les élèves avaient une compréhension claire des liens de causes à effets entre la programmation, la construction et le comportement du robot, ils étaient en mesure de mieux planifier et de mieux exécuter la programmation de la séquence d'actions dans le but de relever les défis proposés tels que le niveau d'atteinte élevé l'indique (Griffin et Care, 2015).

En somme, selon les résultats relatifs aux différentes modalités de collecte de données et les observations de la chercheuse, nous avançons qu'il est possible d'observer le développement de huit sous-composantes de la compétence à l'étude lors des activités de niveau 2 ce qui conclut le premier objectif de recherche pour ce niveau de difficulté. La

Figure 8 présente donc ces huit sous-composantes de la Grille d'observation 5.

1- Compréhension collaborative				
Sous-composantes	Éléments à observer	Niveau d'atteinte bas	Niveau d'atteinte moyen	Niveau d'atteinte élevé
1.1 Explorer le problème	Construire/établir une représentation partagée du problème.	N'adapte pas son discours pour être compris et ne considère pas les commentaires des autres.	Adapte parfois son discours pour être compris et prend peu en considération les commentaires des autres.	Adapte généralement son discours pour être compris et prend souvent en considération les commentaires des autres.
1.2 Comprendre le problème (à observer auprès de l'équipe)	Négocier le sens du problème.	Incompréhension de la tâche à accomplir.	Ont compris la tâche de façon globale, mais certains détails n'ont pas été pris en considération.	Ont compris la tâche en considérant plusieurs détails importants.
1.3 Communiquer	Accomplir la tâche dans une perspective de travail en collaboration	Travaille indépendamment des autres.	-Accomplit sa ou ses tâche(s) et sous-tâches -Fait part de ses avancées, questionnements et obstacles aux autres.	-Participe à l'attribution des tâches. -Accomplit sa ou ses tâche(s) -Participe à la mise en commun des résultats.
2- Résoudre le problème				
Sous-composantes	Éléments à observer	Niveau d'atteinte bas	Niveau d'atteinte moyen	Niveau d'atteinte élevé
2.8 Penser de façon systémique	Identifie les liens de causes à effets entre les différents éléments.	Ne font aucun lien entre la programmation la, construction et le comportement du robot.	Font quelques liens entre la programmation, la construction et le comportement du robot.	Construisent le robot en fonction de la programmation du robot, du comportement et vice versa.
2.7 S'ajuster	Adapter son raisonnement et/ou	Inactif face aux problèmes et aux ambiguïtés	Note les problèmes et les ambiguïtés et suggère une ou	Explore les options de solutions quant aux problèmes et aux

	ses actions quand la compréhension du problème évolue.	rencontrés : maintient une seule ligne d'approche.	peu de solutions en prenant plus ou moins en considération l'avis de ses collègues : entreprend certains changements mineurs	ambiguïtés rencontrés, en discute avec ses collègues et prend en considération leurs points de vue : reconstitue et réorganise la compréhension du problème
2.5 Persévérer	Entreprendre et accomplir la tâche ou une partie de la tâche individuellement.	N'entreprend pas sa part du travail.	N'est pas en mesure de compléter sa part du travail.	Persévère dans l'accomplissement de sa part du travail (tentatives répétées et mobilisation de plusieurs stratégies.)
3- Organiser le groupe				
Sous-composantes	Éléments à observer	Niveau d'atteinte bas	Niveau d'atteinte moyen	Niveau d'atteinte élevé
3.2 Appliquer un protocole	Respecter les modalités établies pour travailler de façon collaborative.	Tous ne sont pas au courant du déroulement en vue de la résolution du problème.	Certains ne sont pas au courant du déroulement en vue de la résolution du problème.	Tous sont au courant du déroulement en vue de la résolution du problème.
3.4 Améliorer l'organisation	Faire des changements pour optimiser les performances du groupe	Ne fait pas part des faiblesses remarquées ou impose sa vision	Prends peu part aux discussions de groupe et/ou a de la difficulté à respecter l'opinion d'un ou de plusieurs membres de son équipe.	S'assure que tous les membres de l'équipe font part de leur point de vue et des solutions qu'ils ont envisagées Respecte et négocie en vue d'un consensus.

Figure 8. Grille d'observation 5 pour les activités de niveau 2.

En ce qui concerne le deuxième objectif de recherche, les activités de niveau 2 ont principalement permis aux élèves de comprendre les liens entre les trois aspects de la RP soit la programmation, la construction ainsi que le comportement du robot tel que le préconise le quatrième principe du constructionisme (Mikropoulos, Bellou, 2013). En effet, les défis, dont les solutions étaient prédéterminées, ont permis aux élèves de comprendre comment programmer leur robot pour qu'il soit en mesure de suivre un trajet précis. De ce fait, cela permettait aux élèves d'acquérir les connaissances et surtout les compétences nécessaires à la conception de leur robot ainsi qu'à sa programmation dans le but de répondre au problème scientifique et technologique qui leur a été présenté lors des activités de niveau 3. Nous supposons également que les élèves portaient davantage le rôle

d'agent épistémique lors des activités de niveau 2 que lors des activités de niveau 1 (Stroupe, 2014). En effet, les élèves avaient plus de liberté en termes de solutions relatives aux défis à relever et à la gestion collaborative (Algin, 2013). Par contre, les élèves étaient restreints quant aux savoirs et aux stratégies à mobiliser (Demers, Bachand, Leblanc, 2016). De plus, les solutions possibles, bien qu'elles étaient nombreuses, étaient tout de même prédéterminées par le défi en tant que tel (Algin, 2013).

Enfin, si nous devions refaire le projet, nous croyons qu'il serait possible de rendre encore plus efficaces les activités de niveau 2. Lors de cette recherche, le sujet concernant le problème scientifique et technologique des activités de niveau 3 n'était pas totalement déterminé lorsque les défis des activités de niveau 2 ont été planifiés. À l'inverse, si les activités de niveau 2 avaient été choisies en fonction du problème scientifique et technologique proposé lors des activités de niveau 3, cela aurait permis aux élèves de faire des liens directs entre les activités des deux niveaux. Ainsi, l'enseignante pourrait anticiper les comportements du robot qui pourraient être utiles précisément pour les activités du niveau 3. En ce sens, il serait plus facile pour les élèves de faire des liens entre le problème scientifique et les comportements qu'ils ont appris à programmer et à construire. Ainsi, tel que le préconise Perrenoud lorsqu'il traite du développement de compétences (1994), en connaissant la situation problème serait dès le départ orienté vers des apprentissages spécifiques. De plus, dans une perspective où l'on place l'élève dans une position d'agent épistémique, le fait d'être au courant dès le départ du problème scientifique et technologique à résoudre lui permettrait de s'impliquer davantage et de réfléchir à la façon dont il désire résoudre le problème, et ce, de façon à faire partie d'une

communauté de pratique scientifique (*science practice*) (Demers, Bachand, Leblanc, 2016 ; Stroupe 2015).

En somme, les activités de niveau 2 proposées se rapprochent davantage de l'enseignement ambitieux que les activités du niveau précédent; les élèves apprennent à tenir le rôle d'agent épistémique bien que les stratégies, les concepts et les solutions aux défis qui lui sont proposés soient restreints (Stroupe, 2014). De plus, plusieurs avenues sont envisageables pour améliorer les activités de façon à les rendre encore plus ambitieuses et à placer les élèves dans le rôle d'agent épistémique dans une communauté de pratique scientifique (*science practice*) (Stroupe, 2015).

5.3 Les activités de niveau 3 : Construction procédurale et choix de programmation

Les activités de niveau 3 visaient essentiellement la résolution d'un problème scientifique et technologique soit l'invention d'un robot pouvant accomplir une tâche environnementale. La tâche choisie en lien avec ce problème faisait suite à la journée de la Terre pendant laquelle les élèves ont désencombré leur parc-école. Les enseignants ont proposé aux élèves de construire un robot qui aurait pu les aider à accomplir cette tâche. Elles ont attiré l'attention des élèves sur les mouvements qu'ils ont effectués pour y arriver. Le fait de décortiquer les mouvements a probablement permis aux élèves de rendre concrets les comportements qu'ils pouvaient faire adopter au robot quant à la programmation tel que le préconise Mikropoulos et Bellou (2013) avec le deuxième principe du constructionisme. Rappelons que ce dernier implique de rendre concrets des phénomènes abstraits (Mikropoulos et Bellou, 2013). Par contre, nous pouvons supposer, selon les produits finaux obtenus, que les élèves ont été limités aux mouvements qu'ils ont

recensés lorsqu'ils ont participé à l'activité lors du jour de la Terre. En termes de contenu en lien avec le problème scientifique et technologique proposé aux élèves, ce n'est pas exactement ce qui était prévu au départ. En effet, il aurait été intéressant d'apporter une dimension interdisciplinaire au projet en proposant aux élèves de se documenter sur l'accomplissement de tâches environnementales (sujet du problème scientifique et technologique proposé aux élèves) lors des activités de niveau 3 (Mikropoulos et Bellou, 2013). Cela aurait permis aux élèves « d'évaluer, de valider et de justifier » de façon plus approfondie la solution qu'ils ont élaborée dans l'optique que l'objectif était de les positionner dans le rôle d'agent épistémique (Demers, Bachand, Leblanc, 2016). Par exemple, un groupe d'élèves s'est inspiré de notions apprises préalablement concernant les énergies vertes. Pour ce groupe, nous avons pu observer davantage de différences au niveau des robots construits. Cependant, d'un point de vue objectif, il est possible que d'autres facteurs aient pu influencer la variété de résultats obtenus dans le Groupe 4 soit l'expérience préalable des élèves en RP, les interventions de l'enseignante qui a encouragé les équipes d'élèves à construire des robots différents, etc. Se documenter davantage au sujet du problème à résoudre constitue donc une recommandation pour améliorer les retombées du projet au niveau du développement de la compétence de résolution collaborative de problèmes.

En ce qui concerne la compétence à l'étude, ses trois composantes ont été développées lors des activités de niveau 3. En effet, les trois sous-composantes de la composante 1 (Comprendre de façon collaborative) soit « Explorer le problème (1.1) », « Comprendre le problème (1.2) », « Accomplir les tâches (1.3) » ont été observées lors des activités de niveau 3. Ces trois sous-composantes ont été identifiées comme étant

observables par le biais de la grille d'observation. Le développement de ces sous-composantes a donc été décrit dans le chapitre précédent relatif à la présentation des résultats de la recherche.

Pour ce qui est de la composante 2 (Résoudre le problème), le développement de l'ensemble des sous-composantes a été observé omis les sous-composantes « Planifier (2.1) », « S'ajuster (2.7) », et « Interpréter les résultats (2.9) ». Parmi les sous-composantes observables, « Organiser (2.3) », « Persévérer (2.5) », « Gérer (2.6) », « Penser de façon systémique (2.8) » et « Présenter une solution (2.10) » ont été observées par le biais de la grille d'observation 5. Quant aux sous-composantes « Fixer des objectifs (2.2) » et « Atteindre les objectifs (2.4) », leur observation est une suggestion de la chercheuse dans le but d'exposer l'ensemble des sous-composantes observables lors des activités de niveau 3. En ce sens, la pertinence d'inclure ces sous-composantes à la grille d'observation sera donc décrite dans les paragraphes qui suivent.

En ce qui a trait à l'ajout des sous-composantes « Fixer des objectifs (2.2) » ainsi que « Atteindre les objectifs (2.4) », il serait très intéressant de les regrouper avec la sous-composante « Organiser le travail (2.3) » dans le but de former seulement une sous-composante. En effet, la sous-composante « Fixer des objectifs (2.2) » est préalable à la sous-composante « Organiser le travail (2.3) » qui est elle aussi préalable à la suite. En d'autres termes, pour être en mesure de développer la sous-composante « Atteindre les objectifs (2.4) » ainsi que d'« apporter des modifications en cohérence avec l'évolution de leur compréhension du problème » (Appendice B) il faut nécessairement avoir développé la sous-composante « Organiser le travail (2.3) » qui consiste plus spécifiquement à « s'assurer (...) d'atteindre les objectifs en vue de la résolution du problème » (Appendice

B). Finalement, pour être en mesure de mobiliser la sous-composante « Organiser le travail (2.3) », les élèves doivent « Fixer des objectifs (2.2) » c'est-à-dire qu'ils doivent « définir des objectifs cohérents quant aux relations entre les tâches » (Appendice B) ces dernières étant relatives aux différents aspects de la réalisation du projet soit la programmation, la construction et le comportement du robot.

En ce qui a trait à la troisième composante de la compétence (Organiser le groupe), deux des quatre sous-composantes ont été observées par le biais de la grille d'observation soit les composantes « Appliquer un protocole (3.2) » et « Améliorer l'organisation (3.4) ». Le développement de ces composantes a donc été expliqué dans le chapitre précédent. Quant aux sous-composantes « Établir un protocole (3.1) » et « Améliorer la communication (3.3) », il s'agit de sous-composantes qui ne sont pas sujettes à l'observation lors des activités de niveau 3 proposées durant cette recherche. Les raisons d'exclusion de l'ensemble des sous-composantes qui ne sont pas observables lors des activités de niveau 3 seront définies dans la section suivante.

5.3.1 Les sous-composantes qui n'ont pas été observées lors des activités de niveau 3

En ce qui concerne l'exclusion de la sous-composante « Planifier (2.1) », nous supposons que cette sous-composante est difficile à observer auprès de plusieurs élèves à la fois. En effet, observer cette sous-composante requiert une présence quasi permanente de l'observateur. Il serait donc possible d'observer le développement de cette sous-composante pour une équipe d'élèves si l'on avait utilisé la vidéo comme modalité de collecte de données par exemple. De cette façon, l'observateur aurait pu voir « comment les élèves ont analysé et décrit le problème de manière à l'organiser en séquence de

travail » (Appendice B). Autrement, lors de cette recherche, il aura été impossible d'observer le développement de cette sous-composante.

Les explications relatives à l'impossibilité d'observer la sous-composante « S'ajuster (2.7) » par le biais d'une grille d'observation lors des activités de niveau 3 vont dans le même sens que celles de la sous-composante « Planifier (2.1) ». En effet, mis à part si l'observateur est présent constamment auprès de l'élève, il est difficile, voire impossible pour lui, de savoir comment « l'élève gère les ressources et les personnes quant à l'accomplissement des différentes tâches » (Appendice B). Plus précisément, l'observateur peut difficilement prendre compte des suggestions que l'élève peut faire « quant à l'organisation des ressources et l'assignation de tâche (et ce) en prenant en considération l'opinion des autres membres de l'équipe » (Appendice B). En effet, nous croyons qu'une observation ponctuelle n'est pas suffisante pour observer le développement de cette sous-composante de façon précise.

En ce qui a trait à la sous-composante « Interpréter les résultats (2.9) », nous croyons qu'il était impossible de l'observer lors de cette recherche considérant le fait que les élèves n'ont pas beaucoup étudié le sujet sur lequel était basé le problème scientifique et technologique proposé. Tel que mentionné en début de chapitre, les élèves devaient se renseigner sur les tâches environnementales que pouvait accomplir un robot avant de concevoir sa construction et sa programmation. Au final, pour plusieurs raisons, les élèves ont exploré les possibilités de programmation et de construction lorsqu'ils ont procédé à l'entretien de leur cour d'école. Ils s'avéraient donc très difficile pour les élèves de présenter un « produit final démontrant qu'ils ont compris le problème, et ce, en considérant plusieurs détails importants » (Appendice B) (Griffin et Care, 2015). Dans le

même ordre d'idées, selon les principes du constructionnisme de Mikropoulos et Bellou (2013), le fait de se renseigner davantage sur le problème à résoudre aurait nécessairement rendu le problème encore plus signifiant de par l'engagement des élèves. Il aurait également permis de concrétiser les notions apprises par le biais des manipulations relatives à la RP (Mikropoulos et Bellou, 2013). De plus, l'information apprise concernant le problème aurait été mise en lien avec les autres aspects de la RP (programmation, construction, comportement du robot) de façon à ajouter un niveau supérieur au caractère systémique des activités de niveau 3 (Mikropoulos et Bellou, 2013). Finalement, en plus de faire partie des critères de la pratique scientifique (Stroupe, 2015), permettre aux élèves de se renseigner sur le sujet du problème proposé leur aurait permis de développer la sous-composante 2.9.

Nous croyons que la sous-composante « Établir un protocole (3.1) » n'est pas sujette à l'observation lors des activités de niveau 3, puisque la majorité des élèves travaillaient conjointement sur le même aspect de conception soit la programmation, la construction ou le comportement du robot. En ce sens, puisqu'ils se parlaient constamment et participaient tous ensemble à la résolution du problème scientifique et technologique que nous leur avons proposé, ils n'avaient pas besoin d'« établir de façon systémique des moments et/ou des modalités pour partager leurs avancées quant aux tâches et aux difficultés rencontrées » (Appendice B). Par contre, lorsque d'autres élèves participeront aux activités de niveau 3 dans un autre contexte, possiblement qu'ils géreront les tâches différemment.

Une piste d'explication relative à l'impossibilité d'observer la sous-composante « Améliorer la communication (3.3) » est similaire à celles des sous-composantes

« Planifier (2.1) » et « S'ajuster (2.7) ». En effet, il est difficile d'observer si les élèves ont « effectué les changements nécessaires afin d'optimiser la communication dans leur équipe » (Appendice B) lorsque l'observateur n'est pas présent de façon constante pour observer l'équipe. En fait, une observation plus étroite serait doublement nécessaire pour arriver à observer cette sous-composante non seulement pour prendre connaissance des lacunes au niveau de la communication, mais également des discussions, des solutions envisagées, des négociations entreprises ainsi que des consensus établis entre les membres de l'équipe. Vu le nombre de facteurs à prendre en considération pour être en mesure d'observer la sous-composante « Améliorer la communication (3.3) », il s'est avéré impossible de le faire durant les activités de niveau 3 notamment considérant les modalités de collecte de données qui ont été sélectionnées pour réaliser cette recherche. La Figure 9 présente donc les sous-composantes observables pour les activités de niveau 3.

<u>1- Compréhension collaborative</u>				
Sous-composantes	Éléments à observer	Niveau d'atteinte bas	Niveau d'atteinte moyen	Niveau d'atteinte élevé
1.1 Explorer le problème	Construire/établir une représentation partagée du problème.	N'adapte pas son discours pour être compris et ne considère pas les commentaires des autres.	Adapte parfois son discours pour être compris et prend peu en considération les commentaires des autres.	Adapte généralement son discours pour être compris et prend souvent en considération les commentaires des autres.
1.2 Comprendre le problème	Négocier le sens du problème.	Incompréhension de la tâche à accomplir.	Ont compris la tâche de façon globale, mais certains détails n'ont pas été pris en considération.	Ont compris la tâche en considérant plusieurs détails importants.
1.3 Communiquer	Accomplir la tâche dans une perspective de travail en collaboration	Travaille indépendamment des autres.	-Accomplit sa ou ses tâche(s) et sous-tâches -Fait part de ses avancées, questionnements et obstacles aux autres.	-Participe à l'attribution des tâches. -Accomplit sa ou ses tâche(s) -Participe à la mise en commun des résultats.
<u>2- Résoudre le problème</u>				
Sous-composantes	Éléments à observer	Niveau d'atteinte bas	Niveau d'atteinte moyen	Niveau d'atteinte élevé
2.2 Fixer des objectifs	Fixer des objectifs clairs pour chaque tâche	-Ont fixé des objectifs généraux (ex :	- Ont fixé des objectifs pour chaque tâche.	- Ont défini des objectifs qui sont cohérents quant aux relations entre les tâches.

		l'achèvement des tâches).		
2.3 Organiser (le travail)	Organiser les ressources en vue de résoudre le problème	-Ne s'assurent pas qu'ils ont atteint les objectifs - Perdent de vue le problème à résoudre.	- S'assurent plus ou moins qu'ils ont atteint les objectifs - Leur cheminement n'est pas en totale cohérence avec la résolution du problème. - Font peu de modifications à leur plan initial.	- S'assurent, lors de chaque rencontre, qu'ils ont atteint leurs objectifs en vue de la résolution du problème. - Modifier le plan initial au besoin.
2.4 Atteindre les objectifs	S'assurer d'atteindre les objectifs fixés en vue de résoudre le problème.	Les élèves perdent de vue le problème à résoudre.	Le cheminement de l'équipe n'est pas en totale cohérence avec leur compréhension du problème qui évolue. De ce fait, ils font peu de modifications.	Les élèves font des modifications au besoin.
2.6 Accomplir les tâches	Gérer les ressources et les personnes quant à l'accomplissement des différentes tâches	-Entreprind une/des tâche(s) seul sans tenir compte de l'avancement de son équipe ou - dirige d'autre(s) membre(s) sans avoir consulté l'équipe.	-Alloue à une personne une tâche -Organise les différentes ressources sans qu'il y ait consensus dans l'équipe.	- Fait des suggestions quant à l'organisation des ressources et l'assignation de tâche en prenant en considération l'opinion des autres membres de l'équipe.
2.8 Penser de façon systémique	Identifie les liens de causes à effets entre les différents éléments.	Ne font aucun lien entre la programmation la, construction et le comportement du robot.	Font quelques liens entre la programmation, la construction et le comportement du robot.	Construisent le robot en fonction de la programmation du robot, du comportement et vice versa.
2.5 Persévérer pour accomplir sa part du travail	Entreprindre et accomplir la tâche ou une partie de la tâche individuellement.	N'entreprind pas sa part du travail.	N'est pas en mesure de compléter sa part du travail.	Persévère dans l'accomplissement de sa part du travail (tentatives répétées et mobilisation de plusieurs stratégies.)
2.10 Présenter une solution	Présenter une solution fondée sur l'analyse du problème à résoudre.	- Plusieurs aspects du problème n'ont pas été pris en considération. -La solution proposée n'est pas innovatrice.	-Le problème a été compris de façon globale, mais certains détails n'ont pas été pris en considération. -La solution proposée manque d'originalité.	-Le produit final présenté démontre que les élèves ont compris le problème en considérant plusieurs détails importants. -La solution proposée est innovante.

3- Organiser le groupe

Sous-composantes	Éléments à observer	Niveau d'atteinte bas	Niveau d'atteinte moyen	Niveau d'atteinte élevé
3.2 Appliquer un protocole	S'engager à respecter les modalités établies pour travailler de façon collaborative.	Tous ne sont pas au courant du déroulement en vue de la résolution du problème.	Certains ne sont pas au courant du déroulement en vue de la résolution du problème.	Tous sont au courant du déroulement en vue de la résolution du problème.
3.4 Améliorer l'organisation	Faire des changements pour optimiser les	Ne fait pas part des faiblesses remarquées ou impose sa vision	Prends peu part aux discussions de groupe et/ou a de la difficulté à respecter l'opinion d'un ou de	S'assure que tous les membres de l'équipe font part de leur point de vue et des solutions qu'ils ont envisagées Respecte

	performances du groupe		plusieurs membres de son équipe.	et négocie en vue d'un consensus.
--	------------------------	--	----------------------------------	-----------------------------------

Figure 9. Grille d'observation 6 pour les activités de niveau 3

En somme, le regroupement de l'ensemble des modalités de collecte de données permet l'observation de douze sous-composantes de la compétence de résolution collaborative de problèmes selon les conclusions de cette étude.

5.4 Synthèse des grilles d'observation

Pour conclure, les trois grilles d'observation proposées dans ce chapitre (Figure 7,8,9) documentent de façon détaillée le développement de la compétence de résolution collaborative de problèmes pour les activités de RP chez un public n'ayant pas été étudié auparavant tel que le proposait Benitti (2012) dans sa recension des écrits. Plus précisément, le développement de ses composantes a été documenté par le biais de treize sous-composantes dont les comportements observables se déclinent en trois niveaux d'atteinte allant de faible à élevé. Les grilles d'observation mettent aussi l'accent sur le processus de résolution collaborative de problèmes plutôt que sur le produit final tel que le préconisent Griffin et Care (2015). De plus, le fait que les activités de niveau 3 relèvent de l'enseignement ambitieux, qu'elles placent les élèves dans le rôle d'agent épistémique et qu'elles font intervenir la pratique scientifique (*science practice*) démontre que les activités de RP permettent de pallier au manque de motivation observé chez les élèves de la fin du primaire relatif à la science et technologie (Osborne *et al.*, 2003; Sorge, 2007). Cependant, il est important de noter que des analyses quantitatives plus approfondies auraient permis de tirer davantage de conclusions ce qui n'a pas été possible lors de cette recherche

considérant les limites relatives à un projet de mémoire (nombre de participants, nombre de pages limité pour définir les résultats, etc.)

6. Chapitre VI : La conclusion

Pour conclure, en plus d'être un agent motivateur qui permet de stimuler l'intérêt des élèves quant à la science et technologie, la robotique pédagogique (RP) s'inscrit dans le contexte du 21^e siècle et permet de préparer les élèves à comprendre le monde qui les entoure ainsi qu'à devenir, idéalement, des agents de changements positifs dans la société. En effet, considérant la vitesse à laquelle les progrès s'effectuent dans le monde dans lequel nous vivons surtout sur le plan scientifique et technologique, nous ne pouvons qu'imaginer de quoi la vie adulte des élèves du primaire sera composée. En ce sens, le milieu de l'éducation se doit de proposer aux élèves des occasions de développer des compétences, telles que la compétence de résolution collaborative de problèmes, de placer les élèves dans le rôle d'agent épistémique dans une communauté de pratique (*science practice*) pour leur donner les outils pour relever les défis qu'ils rencontreront. Ainsi, comme l'a évoqué la NEA dans son rapport de 2014, il n'est plus suffisant de savoir lire et compter pour comprendre et intervenir dans la société, il faut être en mesure de comprendre et de pouvoir résoudre les problèmes relatifs aux différents défis qui nous attendent tels que le réchauffement climatique, les catastrophes financières, les pandémies, etc. Pour ce faire, les salles de classe doivent s'ajuster aux besoins actuels ; le modèle d'enseignement conservateur n'est plus suffisant et ne convient plus aux besoins actuels de notre société (Stroupe, 2014). En effet, tel que le propose Stroupe (2014), le modèle d'enseignement ambitieux a démontré son apport positif en enseignement et se doit d'être mis de l'avant au détriment du modèle conservateur. En effet, il est nécessaire que les élèves se sentent

impliqués dans leurs apprentissages notamment en les plaçant dans des situations qui les obligent à réfléchir, à collaborer et à résoudre des problèmes complexes (Stroupe, 2014).

La RP paraît être un de ces outils qui permet d'adapter l'enseignement du primaire au contexte du 21^e siècle, mais c'est la façon de l'intégrer aux autres activités de la classe qui permettra d'atteindre ou non ces objectifs. Ainsi, notre travail apporte une contribution importante en documentant comment il est possible de développer la compétence de résolution collaborative de problèmes dans un contexte de RP. En effet, à partir de cette étude, il est possible d'élaborer trois niveaux de difficultés graduelles d'activités en RP. Durant les activités de niveau 1 de programmation et construction procédurale, les élèves apprennent les fonctionnalités de base de la trousse robotique telles que le nom des pièces et leurs diverses fonctions, les modes d'assemblage, les mouvements de base que peut produire le robot, etc., et ce, tout en commençant à apprendre à travailler de façon collaborative. Cette recherche présente une grille d'observation (Figure 7) qui permet d'observer trois sous-composantes de deux compétences de la résolution collaborative de problèmes lors de ces activités. Lors des activités de construction procédurale et de choix de programmation de niveau 2, les élèves participent à plusieurs défis dont les solutions sont déterminées à l'avance de façon globale. Pour y arriver, ils ajoutent, selon le mode d'instruction de la trousse, des capteurs à leur robot. Ces activités permettent aux élèves d'approfondir davantage la construction et la programmation dans le but notamment de faire effectuer des comportements à leur robot. En somme, il est possible d'observer le développement de huit sous-composantes des trois composantes de la compétence de résolution collaborative de problèmes lors de ces activités (Figure 8). Finalement, cette recherche a documenté les activités de niveau 3 de conception d'une construction et d'une

programmation qui sont particulièrement intéressantes notamment, puisqu'elles représentent un enseignement ambitieux en suivant les principes du constructionnisme (Stroupe, 2015 ; Papert 1994 ; Mikropoulos et Bellou, 2013). En ce sens, ces activités proposaient aux élèves de concevoir la programmation et la construction entière d'un robot selon une problématique scientifique et technologique et de les placer dans le rôle d'agent épistémique dans une communauté de pratique scientifique (*science practice*) (Stroupe, 2015). Pour ce faire, les élèves ont appris graduellement les aspects de la programmation et de la construction robotique de façon systémique pour être en mesure de réaliser leur conception de robot de manière à donner un caractère tangible à des notions abstraites en science et technologie tel que le préconise le courant constructionniste. Ces activités ont permis le développement de treize sous-composantes des trois composantes de la compétence à l'étude (Figure 9). Il est important de noter que, pour optimiser les apprentissages des élèves participant à un projet tel que celui de cette étude, nous recommandons de mettre en lien les trois niveaux de difficulté des activités, et ce, dans une perspective interdisciplinaire (Mikropoulos et Bellou, 2013). Par exemple, prévoir dès le début du projet le problème scientifique et technologique du niveau 3 permet de planifier les défis du niveau 2 de façon plus profitable en ce qui a trait aux apprentissages et permet d'impliquer davantage les élèves dans le but de les positionner le plus possible dans le rôle d'agent épistémique (Demers, Bachand, Leblanc, 2016).

Cette étude a également analysé la relation entre le développement de la compétence de résolution collaborative de problèmes et le niveau de difficulté graduelle des activités présentées en RP. L'augmentation du nombre de sous-composantes mobilisées d'un niveau de difficulté à l'autre a permis d'affirmer que plus les activités

étaient complexes, plus les élèves développaient la compétence de résolution collaborative de problèmes. Dans le même sens, presque tous les élèves ont maintenu minimalement le niveau d'atteinte moyen pour l'ensemble des sous-composantes observé lors des activités de niveaux 2 et 3, et ce, même si le niveau de difficulté des activités augmentait. De plus, plusieurs élèves ont mentionné lors du *focus group* avoir apprécié davantage les activités de niveau 3 parce qu'ils étaient plus impliqués, qu'ils avaient plus de liberté décisionnelle quant au déroulement de l'activité et qu'ils ont pu être créatifs et imaginatifs. Il s'agit d'aspects qui relèvent de l'enseignement ambitieux et qui rendent significatifs les apprentissages sous les principes de la pratique scientifique de Stroupe (2015).

Il serait intéressant de reproduire ce projet avec les nouvelles grilles d'observation qui ont été présentées dans le chapitre de discussion (Figure 7, 8 et 9). Ces dernières permettraient d'observer le développement de la compétence lors des activités de niveau 1 dans le but de confirmer les hypothèses émises quant au développement de la compétence à l'étude lors des activités de niveau 1 qui n'ont pas été observées durant cette étude. De plus, de nouvelles sous-composantes seraient observées lors des activités de niveau 2 et 3 ce qui permettrait de documenter davantage le développement de la compétence. Ainsi, de nouvelles analyses pourraient être réalisées dans le but de documenter de façon plus approfondie l'analyse de la relation entre le développement de la compétence de résolution collaborative de problèmes et le niveau de complexité graduelle des activités de RP présentées aux élèves. Dans le même sens, un échantillon plus grand et des approches qui visent à confirmer la validité des outils permettraient également d'émettre des conclusions plus fiables.

Pour conclure, nous encourageons non seulement les enseignants de science et technologie, mais également tous les enseignants à placer leurs élèves dans le rôle d'agent épistémique (Stroupe, 2014). Les recherches le démontrent, ce n'est pas avantageux en termes d'apprentissage, mais également en termes d'estime personnelle pour les élèves que l'enseignant soit le seul détenteur de la vérité dans la salle de classe (Papert, 1994). Alors, que ce soit avec la RP ou tous autres dispositifs, offrons aux élèves la chance de comprendre qu'il est possible d'apprendre tous les jours dans le plaisir et que l'erreur est une étape indispensable à l'apprentissage.

Références

- Ackermann, E. (2001). Piaget's Constructivism, Papert's Constructionism: What's the difference ? *Constructivism: Uses and Perspectives in Education*, 1 (11), 1-11. <http://doi.org/10.1.1.132.4253>
- Addelson, K. P. (1983). *Discovering reality: Feminist perspectives on epistemology, metaphysics, methodology, and philosophy of science* (2^e ed). S. Harding & M. B. Hintikka.
- Alimisis, A. D. et Kynigos, C. (2009). Constructionism and robotics in education. *Teacher Education on Robotics-enhanced Constructivist Pedagogical Methods*, 11 (26),1-23.
- Alimisis, D., Moro, M., Arlegui, J. et Pina, A. (2007). Robotics and constructivism in education: The TERECoP project. *EuroLogo*, 1(11).
http://users.sch.gr/adamopou/docs/syn_eurologo2007_alimisis.pdf
- Anderson, T. et Shattuck, J. (2012). Design-Based Research: A Decade of Progress in Education Research? *Educational Researcher*, 41(1), 16-25. <http://doi.org/10.3102/0013189X11428813>
- Barmby, P., Kind, P.M. et Jones, K. (2008). Examining Changing Attitudes in Secondary School Science. *International Journal of Science Education*, 30(8), 1075-1093.
- Barreto Vavassori Benitti, F. (2012). Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. *Computers & Education*, 58(3), 978-988. <http://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.10.006>
- Barton, A.C., et Tan, E. (2009). Funds of knowledge and discourses and hybrid space. *Journal of Research in Science Teaching*, 46 (1), 50–73.
- Basque J. (2005). Une réflexion sur les fonctions attribuées aux TIC en enseignement universitaire. *Revue Internationale des Technologie en Pédagogie Universitaire*, 2(1),30-41.
<https://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00086399>
- Basque, Josianne (2015). *Un modèle méthodologique de recherche-design (Design-Based Research) pour favoriser l'innovation pédagogique en enseignement supérieur*. [communication orales] Colloque CIRT@ 2015 : Communauté pour l'innovation et la recherche sur les technologies dans l'enseignement/apprentissage. Sherbrooke, Canada
- Brown, A. L. (1992). Design Experiments : Theoretical and Methodological Challenges in Creating Complex Interventions in Classroom Settings. *The Journal of the Learning Science*, 2 (2), 141-178.
<http://www.jstor.org/stable/1466838>
- Bryan, R., Glynn, S. et Kittleson, J. (2011) Motivation, Achievement, and Advanced Placement Intent of High School Students Learning Science. *Educational Psychology Review*, 95(6), 1049-1065.
<http://doi.org/10.1002/sce.20462>
- Cannon-Bowers, J. A., et Salas, E. (2001). Reflections on shared cognition. *Journal of Organisational Behavior*, 22(2), 195–202.

- Cavas, P. (2011). Factors Affecting the Motivation of Turkish Primary Students for Science Learning. *Science Education International*, 22(1), 31-42.
- Class B., et Schneider D. (2013) La Recherche Design en Education : vers une nouvelle approche ?
- Demers, S., Bachand, C-A. et Leblanc, C. (2016). Les approches inductives au service de l'agentivité épistémique et des finalités éducatives émancipatrice. *Approches inductives en pédagogie*, 3(2), 41-70. <https://doi.org/10.7202/1037913ar>
- Dillenbourg, P. (1999). Collaborative learning: Cognitive and computational approaches. *Computer in education*, 35(1), 83-86.
- Dillenbourg, P. et Traum, D. (2006). Sharing solutions: Persistence and grounding in multi-modal collaborative problem solving. *The Journal of the Learning Sciences*, 15(1), 121-151.
- Do, K. L.(2003) *L'exploration du dialogue de Bohm comme approche d'apprentissage: une recherche collaborative*. [Thèse de doctorat, Université Laval]
<http://theses.ulaval.ca/archimede/fichiers/20640/20640.html>
- Elgin, C. (2013) Epistemix agency. *Theory and research in education*, 11(1), 135-152.
<https://doi.org/10.1177/1477878513485173>
- Fiore, S. M. et Schooler, J. W. (2004). *Team cognition: Understanding the factors that drive process and performance*. American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/10690-000>
- Fortin, M.-F. (2010). *Fondements et étapes du processus de recherche* (2^e éd.).Chenelière Éducation.
- Fortin, M.-F et Gagnon, J (2016). *Fondements et étapes du processus de recherche* (3^e éd.). Chenelière Éducation.
- Franken, R. (1994). *Human motivation*. (3^eed) Pacific Grove.
- Gaudiello, I. et Zibetti, E. (2013). La robotique éducationnelle : état des lieux et perspectives. *Psychologie Française*, 58(1), 17-40. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.psfr.2012.09.006>
- Gaudreau, L. (2001). *Guide pratique pour créer et évaluer une recherche scientifique en éducation*.(1^{ère}ed) Guérin.
- Glaserfeld, Von E., (1988). Introduction à un constructivisme radical. Dans Watzlawick, P. Directeur (dir.) *L'invention de la réalité. Comment savons-nous ce que nous croyons savoir?* (2^e Ed., vol.13, p.188-189). Du Seuil.
- Goldberg, M. (1991). Portrait of Seymour Papert. *Educational Leadership* 48(7), 68-70.
<http://eric.ed.gov/ERICWebPortal/recordDetail?accno=EJ424422>
- Griffin, P. et Care, E. (2015). *Assessment and teaching of 21st century skills, methods and approach*. Dordrecht Spinger. <http://doi.org/10.1007/978-94-017-9395-7>
- Gura, M. (2012). Lego Robotics: STEM Sport of the Mind. *Learning & Leading with Technology*, 40(1), 12-16.

- Guilford, J. P. (1959). *Personality*. McGraw-Hill.
- Hesse, F., Care, E., Buder, J., Sassenberg, K., et Griffin, P. (2015). A framework for teachable collaborative problem solving skills. Dans P. Griffin et E. Care (dir.), *Assessment and teaching of 21st century skills: Methods and approach* (pp. 37–56). Springer
- Hsu, S. H., Chou, C. Y., Chen, F. C., Wang, Y. K., & Chan, T. W. (2007). An investigation of the differences between robot and virtual learning companions' influences on students' engagement. Dans W. Chan, A. Paiva, D. Williamson Shaffer, & J. C. *International Workshop on Digital and Intelligent Toy Enhance Learning*. DIGITEL'07, Jhongli City, Taiwan.
<http://doi.org/10.1109/DIGITEL.2007.10>
- Ilieva, V. (2010 -Novembre). *Robotics in Primary School. How to do it?* [Communication orale] Conférence on simulation, modeling and programming for autonomous robots. Darmstadt, Germany.
<https://www.semanticscholar.org/paper/ROBOTICS-in-the-Primary-School-how-to-do-it-Ilieva/5dab901441bfff9f67630adc582b333fe26aa1ec>
- Karsenti, Savoie-Zajc. (2011) *La recherche en éducation :étapes et approches*. (3^eed). ERPI.
- Kelley, R., Capobianco, B. M. et Kaluf, K. J. (2014). Concurrent think-aloud protocols to assess elementary design students. *International Journal of Technology and Design Education*, 25(1) 521-540. <http://doi.org/10.1007/s10798-014-9291-y>
- Kirikkaya, E.B. et Vurkaya, G. (2011). The Effect of Using Alternative Assessment Activities on Students' Success and Attitudes in Science and Technology Course. *Educational Sciences: Theory and Practice*, 11(2), 997-1004.
- Kynigos, C. (2008). A « Black-and-White Box » Approach to User Empowerment With Component Computing. Interactive Learning Environments. *Interactive Learning Environments*. 12(1-2).
<http://doi.org/10.1080/1049482042000300896>
- Kynigos, C. (1995). Programming as a Means of Expressing and Exploring Ideas in a Directive Educational System: Three Case Studies. Dans DiSessa, A, Hoyles, C. and Noss, R.(dir.), *Computers and Exploratory Learning* (vol.146, p. 399-420), Springer.
- Lehrer, R., & Schauble, L. (2007). *Scientific thinking and science literacy*. (6^e ed., vol. 4.) Child psychology in practice. <http://doi.org/10.1002/9780470147658.chpsy0405>
- Malmberg, J., Järvelä, S., Järvenoja, H. et Panadero, E. (2015). Promoting socially shared regulation of learning in CSCL: Progress of socially shared regulation among high- and low-performing groups. *Computers in Human Behavior*, 52(1), 562-572. <http://doi.org/10.1016/j.chb.2015.03.082>
- McKenney, S. et Reeves, T. C. (2013). Systematic Review of Design-Based Research Progress: Is a Little Knowledge a Dangerous Thing? *Educational Researcher*, 42(2), 97-100. Repéré à <http://doi.org/10.3102/0013189X12463781>
- Mikropoulos, T. a et Bellou, I. (2013). Educational Robotics as Mindtools. *Themes in Science & Technology Education*., 6(1), 5-14.
- Ministère de l'Éducation du Québec (2001). Programme de formation de l'école québécoise. *Site Internet du ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport*.
<http://www.mels.gouv.qc.ca/sections/programmeFormation/>

- Moje, E. B., Ciecchanowski, K., Kramer, K., Ellis, L., Carrillo, R., & Collazo, T. (2004). Working toward third space in content area literacy: An examination of everyday funds of knowledge and discourse. *Reading Research Quarterly*, 39(1), 38–71.
- National Education Association. (2014). Preparing 21st Century Students for a Global Society: An Educator's Guide to the « Four Cs ». *Great Public School for Every Student*.
<http://www.nea.org/assets/docs/A-Guide-to-Four-Cs.pdf>
- OCDE. (Juin, 2017). PISA 2015: Collaborative Problem Solving Framework.
<https://www.oecd.org/pisa/pisaproducts/Draft%20PISA%202015%20Collaborative%20Problem%20Solving%20Framework%20.pdf>
- ONeill, H. F., Chuang, S. et Chuang, G. (2004). Issues in the computer-based assessment of collaborative problem solving, 1522(310), 1-17. <https://doi.org/10.1080/0969594032000148190>
- Osborne, J., Simon, S. et Collins, S. (2003). Attitudes Towards Science: a Review of the Literature and its Implications. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1049-1079.
- Papert, S. (1967). *Proceedings of Symposia in Applied Mathematics*. (Vol XIX). MIT, Cambridge : Providence.
- Papert, S. et Harel, I. (1991). Situating constructionism. *Centro Latinoamericana para la competitividad y el Desarrollo Sostenible*. http://web.media.mit.edu/~calla/web_comunidad/Reading-En/situating_constructionism.pdf
- Papert, S. (1994) *L'enfant et la machine à connaître : repenser l'école à l'ère de l'ordinateur*. Paris : éditions DUNOD. (ouvrage original publié 1993 sous le titre *The Children's Machine : Rethinking School in the Age of the computer*. New York : Basic Books)
- Park, J. (2015). Effect of Robotics-Enhanced Inquiry-Based Learning in Elementary Science Education in South Korea. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 34(1), 71-95.
- Perrenoud, P. (1995). Des saviors aux compétence : les incidences sur le métier d'enseignant et sur le métier d'élève. *Pédagogie collégiale*, 9(2), 6-10.
- Peterson, R. et Herrington, J. (2005-octobre). *The state of the art of design-based research*. Communication présentée à World Conference on E-Learning in Corporate, Vancouver Canada.
<http://ro.uow.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1060&context=edupapers>
- Phumeechanya, N et Wannapiroon, P. (2014). Design of problem-based with scaffolding learning activities in ubiquitous learning environment to develop problem-solving skills. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 116.4803-4808. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.1028>
- Porter, I. (2015, décembre). L'école à l'heure de la programmation. *Le Devoir*.
<http://www.ledevoir.com/societe/actualites-en-societe/458435/l-ecole-a-l-heure-de-la-programmation>
- Potvin, P. et Hasni, A. (2014). Analysis of the Decline in Interest Towards School Science and Technology from Grades 5 Through 11. *Journal of Science Education and Technology*, 23(6), 784- 802.
- Resnick, M., Martin, F., Sargent, R. et Silverman, B. (1996). Programmable Bricks: Toys to think with. *IBM Systems Journal*, 35(Figure 1), 443-452. <http://doi.org/10.1147/sj.353.0443>

- Ricci, C. (2015, juin). Coding education in schools: crucial as English and Maths- or is it. *The Age National*. <http://www.theage.com.au/national/education/coding-education-in-schools-crucial-as-english-and-maths--or-is-it-20150529-ghct42.html>
- Romero, M. et Laferrière, T. (2015). Usages pédagogiques des TIC: de la consommation à la cocréation participative. <http://www.vteducation.org/fr/articles/collaboration-avec-les-technologies/usages-pedagogiques-des-tic-de-la-consommation-a-la>
- Ruiz-del-Solar, J. et Avilés, R. (2004). Robotics courses for children as a motivation tool: The Childrean experience. *IEEE Transactions on Education*, 47(4), 474-480. <http://doi.org/10.1109/TE.2004.825063>
- Savage, T., Sanchez, I. A., O'Donnell, F. et Tagney, B. (2003). Using robotic technology as a constructionist mindtool in knowledge construction. *Computer and education*, 55(1), 342-349.
- Schön, D. (2011). *À la recherche d'une nouvelle épistémologie de la pratique et de ce qu'elle implique pour l'éducation des adultes*. Dans : Jean-Marie Barbier (dir) *Savoirs théoriques et savoirs d'action* (pp. 201-222). Paris cedex 14, France: Presses Universitaires de France. <http://doi.org/10.3917/puf.barbi.2011.01.0201>
- Slangen, L. A. M. P., Fanchamps, L. J. A. et Kommers, P. A.M. (2008). A case study about supporting the development of thinking by means of ICT and concretization tools. *International Journal of Continuing Engineering Education and Lifelong Learning*, 18(3), 18.
- Slangen, L. A. M. P., van Keulen, J. et Jochems, W. (2009). De bijdrage van direct manipulation environments aan de ontwikkeling van technische geletterdheid in de basisschool (The contribution of direct manipulation environments on the development of technological literacy in primary education). Dans J. van Keulen et J. Walma van der Molen (dir), *Onderzoek naar wetenschap en techniek in het Nederlandse basisonderwijs* (Research on science and technology in Dutch primary education), 115–130. The Hague, Platform Beta Techniek.
- Slangen, L., Keulen, H. et Gravemeijer, K. (2011). What pupils can learn from working with robotic direct manipulation environments. *International Journal of Technology and Design Education*, 21(4), 449-469.
- Sorge, C. (2007). What Happens? Relationship of Age and Gender with Science Attitudes from Elementary to Middle School. *Science Educator*, 16(2), 33-37.
- Stahl, G., Koschmann, T., et Suthers, D. (2006). Computer-supported collaborative learning: An historical perspective. *Cambridge handbook of the learning sciences*, 409-426. <http://doi.org/10.1145/1124772.1124855>
- Stroupe, D. (2014). Practice communities: how teachers and students negotiate epistemic agency and learn science-as-practice. *Wiley Online Library*. 487-516. <http://doi.org/10.1002/sce.21112>
- Stroupe, D. (2015). Describing “Science Practice” in learning settings. *Science education*, 99(6), 1033-1040. <http://doi.org/10.1002/sce.21191>
- Sullivan, F. R. (2008). Robotics and science literacy: Thinking skills, science process skills and systems understanding. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(3), 373–394.
- The Design-Based Research Collective. (2003). Design-based research: An emerging paradigm for educational inquiry. *Educational Research*, 32(1), 5-8. <http://doi.org/10.3102/0013189X032001005>

UNESCO par Fensham, P. J. (2008). Science education policy-making: eleven emerging issues.
<http://unesdoc.unesco.org/images/0015/001567/156700E.pdf>

Vygotsky, L. S. (1930). Mind in Society. *Harvard University Press*. 381-381.
<http://www.unilibre.edu.co/bogota/pdfs/2016/mc16.pdf>

Yuen, T. T., Boecking, M., Tiger, E. P., Gomez, A., Guillen, A., Arreguin, A. et Stone, J. (2014). Group Tasks , Activities , Dynamics , and Interactions in Collaborative Robotics Projects with Elementary and Middle School Children. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 15(1), 39-46

Appendice A

Tableau comparatif des composantes de la compétence de résolution collaborative de problèmes

Éléments	Composantes
<i>L'établissement et le maintien d'une compréhension partagée</i>	
Explorer et comprendre le problème	<p><u>Composantes relatives à la résolution de problèmes :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Explorer et comprendre le problème (PISA, 2015) - Reformuler/cerner le problème (PFÉQ, 2001) - Analyser/définir le problème (Kelley, Capobianco et Kaluf, 2014) - Analyser et évaluer les différents points de vue (NEA, 2014) <p><u>Composantes relatives à la collaboration :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Établir les fondements de base (PISA, 2015) - Échanger des points de vue avec l'autre (PFÉQ, 2001) <p>Compétences à résoudre des problèmes en collaboration : <u>Composantes relatives à l'établissement et au maintien de la compréhension partagée :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Découvrir les points de vue des autres membres de l'équipe (PISA, 2015) - Construire une représentation partagée et négocier le sens du problème (PISA, 2015) - Établir une compréhension partagée et négocier le sens du problème (PISA, 2015) - Organiser le problème (Griffin et Care, 2015)
Communiquer avec les membres de l'équipe à propos des actions à entreprendre et étant entreprises	<p><u>Composantes relatives à la résolution de problèmes :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Exécuter (PISA, 2015) - Réaliser les étapes de la démarche (PFÉQ, 2001) - Concevoir (Kelley et al., 2014) - Synthétiser et établir des liens entre les informations et les arguments (NEA, 2014) - Entreprendre des actions appropriées pour résoudre le problème (PISA, 2015) <p><u>Composantes relatives à la collaboration :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Décider de la perspective à adopter (PISA, 2015) - Adapter son discours à l'auditoire (PISA, 2015) - Coordonner (PISA, 2015) - Accomplir sa tâche selon les règles établies en groupe (PFEQ, 2001)

	<ul style="list-style-type: none"> - Être attentif à l'autre et reconnaître ses intérêts et es besoin (PFEQ, 2001) - Démontrer sa capacité à travailler efficacement et respectueusement avec diverses équipes (NEA, 2014) - Faire preuve de souplesse et démontrer sa volonté d'être utile (NEA, 2014) - Assumer ses responsabilités dans le travail collaboratif (NEA, 2014) <p>Compétences à résoudre des problèmes en collaboration : <u>Composantes relatives à l'établissement et au maintien de la compréhension partagée :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Gestion des obstacles et des ambiguïtés (PISA, 2015) - Mettre les plans en œuvre (PISA, 2015) - Suivre les règles d'engagement (PISA, 2015) - Diviser la tâche en sous-tâches (Griffin et Care, 2015) - Interagir avec les autres membres de l'équipe (Griffin et Care, 2015) - Communiquer avec les membres de l'équipe à propos des actions à entreprendre ou étant entreprises (PISA, 2015)
<p><i>La prise de décision quant aux mesures appropriées pour résoudre le problème</i></p>	
Planifier	<p><u>Composantes relatives à la résolution de problèmes :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Planifier (PISA, 2015) - Planifier les étapes de la démarche (PFEQ, 2001) - Faire un plan (Kelley et al., 2014) <p><u>Composantes relatives à la collaboration :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Définir des rôles (PISA, 2015) - Reconnaître les tâches qui seront réalisées plus efficacement en travail collectif (PFEQ, 2001) - Être attentif à l'autre et reconnaître ses intérêts et es besoin (PFEQ, 2001) <p>Compétences à résoudre des problèmes en collaboration : <u>Composantes relatives à la prise de décision quant aux mesures appropriées pour résoudre le problème:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Déterminer le type d'interaction collaborative pour résoudre le problème ainsi que les buts (PISA, 2015) - Comprendre les rôles pour résoudre un problème (PISA, 2015) - Identifier et décrire les tâches à compléter (PISA, 2015) - Collecter les éléments d'informations (Griffin et Care, 2015) - Diviser les tâches en sous-tâches (Griffin et Care, 2015)

Fixer des objectifs	<p>Compétences à résoudre des problèmes en collaboration : <u>Composantes relatives à l’amorce (entreprendre) des actions appropriées pour résoudre le problème :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Capacité d’analyse quant aux problèmes – Fixer des objectifs (Griffin et Care, 2015)
Persévérer et accomplir sa tâche	<p><u>Composantes relatives à la résolution de problèmes :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Réaliser les étapes de la démarche (PFEQ, 2001) - Concevoir (Kelley et al., 2014) <p><u>Composantes relatives à la collaboration :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Démontrer sa volonté à être utile (NEA, 2014) - Assumer ses responsabilités dans le travail collaboratif (NEA, 2014) <p>Compétences à résoudre des problèmes en collaboration : <u>Composantes relatives à la prise de décision quant aux mesures appropriées pour résoudre le problème :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Mettre les plans en œuvre (PISA, 2015) - Persévérer pour accomplir la tâche (Griffin et Care, 2015) - Capacité à prendre des initiatives quant aux responsabilités (Griffin et Care, 2015)
Gérer les différentes ressources	<p><u>Composantes relatives à la résolution de problèmes :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Organiser (PISA, 2015) - Choisir et manipuler les objets, outils et instruments appropriés avec un souci d’économie et d’efficacité (PFEQ, 2001) <p><u>Composantes relatives à la collaboration :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Écouter et accueillir les divergences (PFEQ, 2001) <p>Compétences à résoudre des problèmes en collaboration : <u>Composantes relatives à la prise de décision quant aux mesures appropriées pour résoudre le problème :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Identifier et décrire les tâches à compléter (PISA, 2015) - Gestion des ressources (Griffin et Care, 2015) - Organiser les ressources (Griffin et Care, 2015)

<p>S'ajuster pour surmonter les difficultés rencontrées quant à la résolution du problème</p>	<p><u>Composantes relatives à la résolution de problèmes :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Faire des tests (Kelley et al., 2014) - S'ajuster pour surmonter les difficultés rencontrées (PFEQ, 2001) - Établir des hypothèses (Kelley et al., 2014) <p><u>Composantes relatives à la collaboration :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Faire les compromis nécessaires à l'atteinte d'un objectif commun (NEA, 2014) <p>Compétences à résoudre des problèmes en collaboration :</p> <p><u>Composantes relatives à la prise de décision quant aux mesures appropriées pour résoudre le problème :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Capacité d'adaptation (Griffin et Care, 2015) - Réceptivité face aux autres (Griffin et Care, 2015) - Capacité d'analyse quant aux problèmes (Griffin et Care, 2015) - Capacité à formuler des hypothèses (Griffin et Care, 2015)
<p>Mettre en œuvre sa pensée systémique</p>	<p>Compétences à résoudre des problèmes en collaboration :</p> <p><u>Composantes relatives à la prise de décision quant aux mesures appropriées pour résoudre le problème :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Faire des liens entre les différents éléments (Griffin et Care, 2015) - Compréhension des liens de causes à effets (Griffin et Care, 2015) - Capacité à mettre en œuvre sa pensée systémique (Griffin et Care, 2015) - Compréhension des relations de cause à effet (Griffin et Care, 2015)
<p>Présenter une solution</p>	<p><u>Composantes relatives à la résolution de problèmes :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Présenter une ou des solutions (PFEQ, 2001) - Décrire le rôle des objets, outils et des instruments utilisés (PFEQ, 2001) - Interpréter les données (Kelley et al., 2014) - Identifier et poser des questions importantes qui clarifient divers points de vue pour trouver la ou les meilleures solutions (NEA, 2014) - Interpréter l'information et en tirer des conclusions fondées sur la meilleure analyse (NEA, 2014) - Résoudre différents types de problèmes inhabituels parfois de manière conventionnelle parfois de manière innovante (NEA, 2014) <p>Compétences à résoudre des problèmes en collaboration :</p> <p><u>Composantes relatives à la prise de décision quant aux mesures appropriées pour résoudre le problème :</u></p>

	<ul style="list-style-type: none"> - Identifier les résultats des actions et évaluer le succès de la résolution de problèmes (PISA, 2015)
<i>L'établissement et le maintien de l'organisation du groupe</i>	
Établir et mettre en œuvre un protocole de communication et des règles d'engagement	<p>Compétences à résoudre des problèmes en collaboration : <u>Composantes relatives à l'établissement et le maintien de l'organisation du groupe :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Décrire les rôles et l'organisation de l'équipe (protocole de communication/règles d'engagement) (PISA, 2015) - Établir une compréhension partagée (PISA, 2015)
Pallier les manques au niveau de la communication et de l'organisation dans l'équipe	<p>Compétences à résoudre des problèmes en collaboration : <u>Composantes relatives à l'établissement et le maintien de l'organisation du groupe :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Fournir des rétroactions et adapter l'organisation de l'équipe et les rôles (PISA, 2015) - Établir et maintenir une compréhension partagée (PISA, 2015)

Appendice B

La Grille d'observation 1

Sous-composantes	Éléments à observer	Niveau d'atteinte bas	Niveau d'atteinte moyen	Niveau d'atteinte élevé
1- Compréhension collaborative				
1.1 Explorer le problème	Construire et établir une représentation partagée et négocier le sens du problème.	Ses paroles ne sont pas adaptées pour que tous le comprennent et il ne prend pas en considération les commentaires des autres.	Ses paroles ne sont pas toujours adaptées pour que tous le comprennent et il prend peu en considération les commentaires des autres.	Ses paroles sont généralement adaptées pour que tous le comprennent et il prend en considération les commentaires des autres la plupart du temps.
1.2 comprendre le problème		Il ne comprend pas le problème	Il n'a compris le problème que partiellement.	Il comprend le problème.
1.3 Communiquer	Veiller à ce que les tâches soient accomplies, et ce, dans une perspective de travail en collaboration	Entreprends des activités en grande partie à part des autres ou indépendamment des autres.	L'élève accomplit sa ou ses tâche(s) et sous-tâches et fait part de ses avancées, questionnements et obstacles aux autres.	L'élève participe à l'attribution des tâches, accomplit sa ou ses tâche(s) et participe à la mise en commun des résultats.
2-Résoudre le problème				

2.1 Planifier	<p>Analyser et décrire le problème dans un langage familier</p> <p>Identifier les actions et les étapes nécessaires à mettre en œuvre pour parvenir à une solution</p>	Le problème est traité tel que présenté : les élèves n'ont pas pris le temps d'en discuter.	Le problème est divisé en tâches et sous-tâches.	Le problème est organisé en séquence de travail comportant des tâches et sous-tâches.
2.2 Fixer des objectifs	Fixer des objectifs clairs pour chaque tâche, organiser les ressources et s'assurer de les atteindre en vue de résoudre le problème.	Les élèves ont fixé des objectifs généraux tel que l'achèvement des tâches. Ils ne s'assurent pas qu'ils ont atteint les objectifs et perdent de vue le problème à résoudre.	Les élèves ont fixé des objectifs pour chaque tâche et sous-tâche. Ils s'assurent plus ou moins qu'ils les ont atteints et leur cheminement n'est pas en totale cohérence avec la résolution du problème. De ce fait, ils font peu de modifications.	Les élèves ont défini des objectifs qui sont cohérents quant aux relations entre les tâches et les sous-tâches. Ils s'assurent, lors de chaque rencontre, qu'ils ont atteint leurs objectifs en vue de la résolution du problème. Ils font des modifications au besoin
2.3 Organiser (les ressources)	Organiser les ressources en vue de résoudre le problème	Les élèves ne s'assurent pas qu'ils ont atteint leurs objectifs en vue de résoudre le problème	Les élèves s'assurent plus ou moins qu'ils les ont atteints qu'ils se sont fixés.	Les élèves s'assurent, lors de chaque rencontre, qu'ils ont atteint leurs objectifs en vue de la résolution du problème.
2.4 Atteindre les objectifs	S'assurer d'atteindre les objectifs fixés en vue de résoudre le problème.	Les élèves perdent de vue le problème à résoudre.	Le cheminement de l'équipe n'est pas en totale cohérence avec leur compréhension du problème qui évolue.	Les élèves font des modifications au besoin.

			De ce fait, ils font peu de modifications	
2.5 Persévérer	Entreprendre et accomplir la tâche ou une partie de la tâche individuellement.	L'élève ne fait qu'être présent. Il n'est pas en mesure d'entreprendre ou d'accomplir la tâche.	L'élève a identifié et entrepris sa tâche, mais il n'est pas en mesure de la compléter.	L'élève persévère dans l'accomplissement de sa tâche. On peut le constater par des tentatives répétées et la mobilisation de plusieurs stratégies.
2.6 Gérer	Gérer les ressources et les personnes quant à l'accomplissement des différentes tâches	L'élève entreprend une/des tâche(s) ou dirige d'autre(s) membre(s) sans avoir consulté l'équipe.	L'élève alloue à une personne une tâche et organise les différentes ressources sans qu'il y ait consensus dans l'équipe.	L'élève fait des suggestions quant à l'organisation des ressources et l'assignation de tâche en prenant en considération l'opinion des autres membres de l'équipe.
2.7 S'ajuster	Adapter son raisonnement et/ou ses actions quand la compréhension du problème évolue.	L'élève est inactif face aux problèmes et aux ambiguïtés rencontrés. L'équipe maintient une seule ligne d'approche.	L'élève note les problèmes et les ambiguïtés et suggère une ou peu de solutions en prenant plus ou moins en considération l'avis de ses collègues. L'équipe entreprend certains changements mineurs à la lumière de nouvelles informations ou d'un manque de progrès.	L'élève explore les options de solutions quant aux problèmes et aux ambiguïtés rencontrés en prenant en discute avec ses collègues et prend en considération leurs points de vue. Par la suite, l'équipe reconstitue et réorganise la compréhension du

				problème à la recherche de nouvelles solutions.
2.8 Penser de façon systémique	Identifie les liens de causes à effets entre les différents éléments.	L'élève se concentre sur des aspects isolés d'information. Ses actions sont entreprises avec peu ou pas de compréhension des conséquences.	L'élève fait quelques liens entre des éléments d'information. Il est en mesure d'identifier de courtes séquences de la situation de cause à effet.	L'élève fait des liens à partir de ses expériences et de ses connaissances antérieures, et ce, en lien avec différents types d'informations. Il utilise sa compréhension de la situation de cause à effet pour planifier et/ou exécuter une séquence d'actions.
2.9 Interpréter les résultats	Interpréter les résultats obtenus quant aux différentes tâches effectuées.	Le produit final présenté démontre que les élèves n'ont pas compris les aspects importants du problème présenté. Plusieurs aspects de ce dernier n'ont pas été pris en considération.	Le produit final présenté démontre que les élèves ont compris le problème de façon globale. Cependant, certains détails n'ont pas été pris en considération.	Le produit final présenté démontre que les élèves ont compris le problème, et ce, en considérant plusieurs détails importants.
2.10 Présenter une solution	Interpréter les résultats obtenus quant aux différentes tâches effectuées. Présenter une solution fondée sur l'analyse du problème à résoudre.	Le produit final présenté démontre que les élèves n'ont pas compris les aspects importants du problème présenté. Plusieurs aspects de ce dernier n'ont pas été pris en considération. La	Le produit final présenté démontre que les élèves ont compris le problème de façon globale. Cependant, certains détails n'ont pas été pris en considération. La	Le produit final présenté démontre que les élèves ont compris le problème, et ce, en considérant plusieurs détails importants. La solution proposée est innovante.

		solution proposée n'est pas innovatrice.	solution proposée manque d'originalité.	
2-Organiser le groupe				
L'établissement et le maintien de l'organisation du groupe				
3.1 Établir un protocole	Prévoir des moments pour communiquer à propos des avancées des tâches et sous-tâches individuelles ainsi que des difficultés rencontrées.	Le groupe n'établit pas de façon précise des moments et/ou des modalités pour partager leurs avancées quant aux tâches à accomplir et aux difficultés rencontrées.	Le groupe établit de façon évasive des moments et/ou des modalités pour partager leurs avancées quant aux tâches et aux difficultés rencontrées.	Le groupe établit de façon systématique des moments et/ou des modalités pour partager leurs avancées quant aux tâches et aux difficultés rencontrées.
3.2 Appliquer un protocole	S'engager à respecter les modalités établies pour travailler de façon collaborative.	Les membres de l'équipe ne sont pas au courant du déroulement en vue de la résolution du problème.	Certains membres de l'équipe ne sont pas au courant du déroulement en vue de la résolution du problème.	Tous les membres de l'équipe sont au courant du déroulement en vue de la résolution du problème.
3.3 Améliorer la communication	Effectuer les changements nécessaires dans le but d'optimiser la communication dans le groupe.	L'élève ne fait pas part des lacunes qu'il a remarquées au niveau de la communication ou de l'organisation dans le groupe.	L'élève fait part des lacunes qu'il remarque au niveau de la communication. Par contre, il prend peu part aux discussions de groupe et/ou a de la difficulté à respecter l'opinion d'un ou de plusieurs membres de son équipe.	L'élève s'assure que tous les membres de l'équipe font part de leur point de vue et des solutions qu'ils ont envisagées pour améliorer la communication dans l'équipe. Il respecte et négocie de façon respectueuse avec les membres de son équipe en vue d'un consensus.

3.4 Améliorer l'organisation	Effectuer les changements nécessaires dans le but d'optimiser les performances du groupe.	L'élève a de la difficulté à affirmer ses besoins, ses opinions et/ou ses constatations. ou À l'inverse, l'élève impose sa vision sans prendre en considération les besoins et les opinions des autres.	L'élève fait part des lacunes qu'il remarque au niveau de l'organisation. Par contre, il prend peu part aux discussions de groupe et/ou a de la difficulté à respecter l'opinion d'un ou de plusieurs membres de son équipe.	L'élève s'assure que tous les membres de l'équipe font part de leur point de vue et des solutions qu'ils ont envisagées pour améliorer le fonctionnement de l'équipe. Il respecte et négocie de façon respectueuse avec les membres de son équipe en vue d'un consensus.
------------------------------	---	---	--	--

Adapté des modèles de Griffin et Care (2015). Social skills in collaborative problem solving et Cognitive skills in collaborative problem solving. Informations tirées des sources suivantes : Griffin et Care, 2015 ; Kelley, Capobianco, Kaluf, 2014 ; MEQ, 2001 ; NEA, 2014 ; OCDE,

Appendice C

La Grille d'observation 2

Sous-composantes	Niveau d'atteinte bas	Niveau d'atteinte plutôt bas	Niveau d'atteinte moyen	Niveau d'atteinte plutôt élevé	Niveau d'atteinte élevé
1.1 Explorer le problème	N'adapte pas son discours pour être compris		Adapte parfois son discours pour être compris		Adapte généralement son discours pour être compris
1.2 Comprendre le problème*	Ne comprend pas le problème.		Il n'a compris le problème que partiellement		Il comprend le problème.
1.3 Communiquer Accomplir les tâches	Travaille indépendamment des autres.		-Accomplis sa ou ses tâche(s) et sous-tâches -Fait part de ses avancées, questionnements et obstacles aux autres.		-Participe à l'attribution des tâches. -Accomplis sa ou ses tâche(s) -Participe à la mise en commun des résultats.
3.2 Appliquer un protocole Respecter les modalités établies pour travailler de façon collaborative. (observer auprès de l'équipe)	Tous les membres ne sont pas au courant du déroulement des différentes tâches en vue de la résolution du problème.		Certains ne sont pas au courant du déroulement des différentes tâches en vue de la résolution du problème.		Tous sont au courant du déroulement des différentes tâches en vue de la résolution du problème.
3.4 Améliorer l'organisation Pallier aux faiblesses de l'équipe	-ne fait pas part des faiblesses remarquées ou		-Prends peu part aux discussions de groupe et/ou -A de la difficulté à respecter l'opinion d'un ou de		- S'assure que tous les membres de l'équipe font part de leur point de vue et des solutions qu'ils ont envisagées

	-l'élève impose sa vision		plusieurs membres de son équipe.		- Respecte et négocie de façon respectueuse avec les membres de son équipe en vue d'un consensus.
--	---------------------------	--	----------------------------------	--	---

Appendice D

La Grille d'observation 3

Sous-composantes	Niveau d'atteinte bas	Niveau d'atteinte plutôt bas	Niveau d'atteinte moyen	Niveau d'atteinte plutôt élevé	Niveau d'atteinte élevé
1.1 Explorer le problème	N'adapte pas son discours pour être compris		Adapte parfois son discours pour être compris		Adapte généralement son discours pour être compris
1.3 Accomplir les tâches Communiquer	Travaille indépendamment des autres.		-Accomplit sa ou ses tâche(s) et sous-tâches -Fait part de ses avancées, questionnements et obstacles aux autres.		-Participe à l'attribution des tâches. -Accomplit sa ou ses tâche(s) -Participe à la mise en commun des résultats.
2.3 Organiser Gérer le temps (Observer auprès de l'équipe)	Ne s'assure pas qu'ils ont atteint leurs objectifs en vue de résoudre le problème		S'assurent plus ou moins qu'ils ont atteint les objectifs qu'ils se sont fixés.		S'assurent, lors de chaque rencontre, qu'ils ont atteint leurs objectifs en vue de la résolution du problème.
2.5 Persévérer pour accomplir sa part du travail	N'entreprend pas sa part du travail.		N'est pas en mesure de compléter sa part du travail.		Persévère dans l'accomplissement de sa part du travail (tentatives répétées et mobilisation de plusieurs stratégies.)
2.6 S'impliquer	Entreprend une/des tâche(s) et/ou dirige d'autre(s) membre(s) sans avoir consulté l'équipe.		Alloue à une personne une tâche et organise les différentes ressources sans qu'il y ait consensus dans l'équipe.		Suggère des façons d'organiser des ressources et d'assigner les tâches en prenant en considération l'opinion des autres membres de l'équipe.
2.8 Penser de façon systémique Comprendre les liens entre la	Ne font aucun lien entre la programmation et la		Font quelques liens entre la programmation et la construction du robot.		Construisent le robot en fonction de la programmation du robot et vice versa.

programmation et la construction de son robot. (observer auprès de l'équipe)	construction de leur robot.				
1.2 Comprendre le problème Comprendre la tâche (construire un robot pouvant accomplir une tâche environnementale)	Incompréhension de la tâche à accomplir.		Ont compris la tâche de façon globale, mais certains détails n'ont pas été pris en considération.		Ont compris la tâche en considérant plusieurs détails importants.
2.10 Présenter une solution	La solution proposée n'est pas innovatrice		La solution proposée manque d'originalité.		La solution proposée est innovante
3.2 Appliquer un protocole Respecter les modalités établies pour travailler de façon collaborative.	Tous les membres ne sont pas au courant du déroulement des différentes tâches.		Certains ne sont pas au courant du déroulement des différentes tâches.		Tous sont au courant du déroulement des différentes tâches
3.4 Améliorer l'organisation Pallier aux faiblesses de l'équipe	Ne fait pas part des faiblesses remarquées ou impose sa vision		Prends peu part aux discussions de groupe et/ou a de la difficulté à respecter l'opinion d'un ou de plusieurs membres de son équipe.		S'assure que tous les membres de l'équipe font part de leur point de vue et des solutions qu'ils ont envisagées Respecte et négocie en vue d'un consensus.

Appendice E

Le questionnaire des élèves pour les activités de niveau 1

- 1- Quel est ton nom ?
- 2- En quelle année es-tu?
 - a. 5^e année
 - b. 6^e année
 - c. autre
- 3- Coche la case qui correspond à ton expérience en robotique
 - a. Je n'avais jamais fait de robotique avant
 - b. Je n'avais jamais fait de robotique en classe, mais j'ai une trousse à la maison.
 - c. Je n'avais jamais fait de robotique en classe, mais j'ai participé à un camp de robotique.
 - d. Je n'avais jamais fait de robotique en classe, mais j'ai participé à un camp de robotique et j'ai une trousse à la maison.
 - e. J'ai fait de la robotique en classe l'an passé.
 - f. J'ai fait de la robotique en classe l'an passé et j'ai une trousse à la maison.
 - g. J'ai fait de la robotique en classe l'an passé, j'ai une trousse à la maison et j'ai participé à un camp de robotique
 - h. Autre
- 4- Comment vous êtes-vous distribué les rôles dans votre équipe ?
 - a. C'est moi qui a décidé les rôles que les autres allaient faire.
 - b. Nous avons décidé en équipe qui prenait quel rôle.
 - c. Il y a une personne dans l'équipe qui choisit qui prend quel rôle.
- 5- Comment avez-vous organisé les tâches à faire dans votre équipe ?
 - a. Nous avons séparé les tâches à faire et tous les membres de l'équipe ont distribué les pièces et construit une partie du robot
 - b. Nous avons séparé les tâches à faire et tous les membres de l'équipe ont distribué les pièces et construit une partie du robot. Par contre, il est arrivé que deux personnes construisent la même partie du robot
 - c. Nous ne nous sommes pas échangé les rôles. C'est toujours la même personne qui distribuait les pièces et qui construisait le robot
- 6- Comment avez-vous réglé les problèmes que vous avez rencontrés en équipe ?
 - a. Nous avons demandé de l'aide à un adulte lorsque nous rencontrions des problèmes.
 - b. Notre expert réglait les problèmes lorsque nous en rencontrions.

- c. Deux membres de notre équipe réglait les problèmes lorsque nous en rencontrions.
- d. Tous les membres de notre équipe réglait les problèmes lorsque nous en rencontrions.
- e. Nous n'avons jamais rencontré de problème lorsque nous essayions de programmer ou de construire les robots.

7- Comment as-tu réglé les problèmes que tu as rencontré seul ?

- a. J'ai rencontré un problème. Comme je n'ai pas réussi à le résoudre, j'ai arrêté de travailler.
- b. J'ai rencontré un problème que j'ai réglé seul sans demander d'aide. Je n'en ai parlé à personne.
- c. J'ai rencontré un problème que j'ai réglé seul. J'ai parlé avec les autres de ce qui m'était arrivé.
- d. J'ai rencontré un problème et j'ai demandé à une personne meilleure que moi de le résoudre.
- e. J'ai rencontré un problème et j'ai demandé de l'aide aux autres pour le résoudre.
- f. Je n'ai pas rencontré de problème lorsque j'essayais de construire et de programmer le robot.

8- Comment avez-vous amélioré votre travail de collaboration dans l'équipe ?

- a. Nous n'avons pas d'amélioration à faire.
- b. Lors de ces moments, nous avons discuté d'autres choses que des changements à apporter pour être plus efficace.
- c. Nous avons parlé des changements à apporter pour être plus efficaces, mais nous n'avons pas trouvé de solution.
- d. Nous avons parlé des changements à apporter pour être plus efficaces. Nous avons trouvé des solutions, mais nous n'avons pas été capable de les appliquer.
- e. Nous avons parlé des changements à apporter pour être plus efficaces. Nous avons trouvé des solutions, mais nous ne les avons pas essayées
- f. Nous avons parlé des changements à apporter pour être plus efficaces. Nous avons trouvé des solutions et nous avons essayé de les applique

Appendice F

Le questionnaire d'autoévaluation des élèves pour les activités de niveau 2

1. Quel est ton nom ?
2. Quel est ton sexe ?
 - a. Fille
 - b. Garçon
3. En quelle année es-tu ?
 - a. Classe d'Anna Belle
 - b. Classe de Marie-Claude
 - c. Classe de Myriam
 - d. Classe de Patricia
4. Coche la case qui correspond à ton expérience en robotique
 - a. Je n'avais jamais fait de robotique avant
 - b. Je n'avais jamais fait de robotique en classe, mais j'ai une trousse à la maison.
 - c. Je n'avais jamais fait de robotique en classe, mais j'ai participé à un camp de robotique.
 - d. Je n'avais jamais fait de robotique en classe, mais j'ai participé à un camp de robotique et j'ai une trousse à la maison.
 - e. J'ai fait de la robotique en classe l'an passé.
 - f. J'ai fait de la robotique en classe l'an passé et j'ai une trousse à la maison.
 - g. J'ai fait de la robotique en classe l'an passé, j'ai une trousse à la maison et j'ai participé à un camp de robotique
 - h. Autre
5. Comment le travail s'est-il passé le travail dans l'équipe ?
 - a. On divise la tâche. (Par exemple, un élève est à l'ordinateur, un élève donne des conseils à celui qui est à l'ordinateur et un autre prend des notes.)
 - b. Chaque membre fait sa tâche à tour de rôle et les autres regardent.
 - c. Chaque membre fait sa tâche à tour de rôle et les autres l'aident à réfléchir

6. Avez-vous compris les défis que vous deviez relever ?
 - a. Oui, j'ai compris tout ce que nous avons essayé comme programmation.
 - b. Oui, à part quelques détails que je ne pourrais pas refaire seul.
 - c. Non, je ne pourrais pas me débrouiller si j'étais seul à programmer.

7. Combien de défi(s) as-tu compris
 - a. 1
 - b. 2
 - c. 3
 - d. 4
 - e. 5

8. Combien de défis avez-vous réussis?
 - a. 1
 - b. 2
 - c. 3
 - d. 4
 - e. 5

9. As-tu participé à des défis bonis ?
 - a. Oui
 - b. Non

10. Est-ce que tu comprends les autres quand ils te parlent du défi?
 - a. Oui.
 - b. Oui, à part quelques fois.
 - c. Non, presque jamais.

11. Comment avez-vous réglé les problèmes que vous avez rencontrés ?
 - a. Nous avons demandé de l'aide à un adulte.
 - b. Notre expert réglait les problèmes.
 - c. Deux personnes réglaient les problèmes et une personne ne faisait rien.
 - d. Tous les membres de l'équipe réglaient les problèmes.
 - e. Nous n'avons pas réglé le problème.
 - f. Nous n'avons pas rencontré de problèmes

12. Avez-vous discuté des améliorations pour mieux travailler en collaboration ?
 - a. Oui
 - b. Non

13. Avez-vous changé des choses dans votre équipe pour mieux travailler en collaboration?
 - a. Non, nous n'avons pas d'amélioration à faire.
 - b. Non, nous avons parlé des changements à faire, mais nous n'avons rien changé.

- c. Oui, nous avons parlé des changements à faire et nous avons fait les changements.

Appendice G

Le questionnaire d'autoévaluation pour les activités de niveau 3

1- Quel est ton nom ?

2- Quel est ton sexe ?

- a. Fille
- b. Garçon

3- Dans quelle classe es-tu?

- a. Classe d'Anna Belle
- b. Classe de Marie-Claude
- c. Classe de Myriam
- d. Classe de Patricia

4- Coche la case qui correspond à ton expérience en robotique

- a. Je n'avais jamais fait de robotique avant
- b. Je n'avais jamais fait de robotique en classe, mais j'ai une trousse à la maison.
- c. Je n'avais jamais fait de robotique en classe, mais j'ai participé à un camp de robotique.
- d. Je n'avais jamais fait de robotique en classe, mais j'ai participé à un camp de robotique et j'ai une trousse à la maison.
- e. J'ai fait de la robotique en classe l'an passé.
- f. J'ai fait de la robotique en classe l'an passé et j'ai une trousse à la maison.
- g. J'ai fait de la robotique en classe l'an passé, j'ai une trousse à la maison et j'ai participé à un camp de robotique
- h. Autre

5- Comment le travail d'équipe s'est-il passé ?

- a. Chaque membre fait sa tâche sans s'occuper des autres.
- b. Chaque membre fait sa tâche à tour de rôle et les autres regardent.
- c. Chaque membre fait sa tâche à tour de rôle et les autres l'aident à réfléchir

6- Comment avez-vous fait pour partager vos idées?

- a. Nous avons pris un temps pour parler de nos idées
- b. Nous avons pris un temps faire un ou plusieurs dessins(plan) de nos idées
- c. Nous avons parlé de nos idées en construisant et en programmant

Si a et b il réponde à 6

- 7- Combien avez-vous pris de temps pour partager vos idées ?
- Moins d'une demi-période
 - Une demi-période
 - Une période
 - Autre
- 8- Est-ce que tous les membres de l'équipe ont donné des idées ?
- Oui, tout le monde a donné des idées.
 - Oui, à part une personne qui n'a pas donné d'idée.
 - Non, une personne a choisi ce que nous allons faire.
- 9- Combien avez-vous pris de temps pour construire votre robot
- Une période
 - Deux périodes
 - Trois périodes
 - Autres
- 10- Combien avez-vous pris de temps pour programmer votre robot?
- Une période
 - Deux périodes
 - Trois périodes
 - Autres
- 11- Aviez-vous pensé à l'organisation de votre temps pour réussir à construire et programmer votre robot ?
- Oui, nous avons réussi à faire tout ce que nous avons pensé au début.
 - Oui, mais nous avons dû simplifier la construction
 - Oui, mais nous avons dû simplifier la programmation
 - Non, nous n'avons pas eu le temps de terminer
 - Autre
- 12- Quand avez-vous pensé à la programmation du robot
- Nous avons pensé à la construction et à la programmation du robot avant de commencer le travail.
 - Nous avons prévu la programmation du robot en le construisant.
 - Nous avons prévu la programmation du robot après la construction.
- 13- Est-ce que tu serais capable de refaire la construction et la programmation du robot seul ?
- Je suis capable de tout refaire seul.
 - Je suis capable de refaire la construction seul, mais pas la programmation.
 - Je suis capable de refaire la programmation seul, mais pas la construction.
 - J'aurais besoin de mes collègues pour refaire la programmation et la construction du robot.

- 14- Comment avez-vous réglé les problèmes que vous avez rencontrés ?
- Nous avons demandé de l'aide à un adulte.
 - Notre expert réglait les problèmes.
 - Je réglais les problèmes.
 - Deux personnes réglait les problèmes et une personne ne participait pas.
 - Tous les membres de l'équipe réglait les problèmes.
 - Nous n'avons pas réglé les problèmes.
 - Nous n'avons pas rencontré de problème.
- 15- Avez-vous changé votre idée de départ à propos de votre construction ?
- Oui, nous avons ajouté des éléments.
 - Oui, nous avons enlevé des éléments.
 - Non, nous avons gardé la même idée qu'au début.
- 16- Avez-vous changé votre idée de départ à propos de votre programmation?
- Oui, nous avons ajouté des éléments.
 - Oui, nous avons enlevé des éléments.
 - Non, nous avons gardé la même idée qu'au début.
- 17- Avez-vous discuté des améliorations pour mieux travailler en collaboration ?
- Oui
 - Non
- 18- Avez-vous changé des choses dans votre équipe pour mieux travailler en collaboration?
- Non, nous n'avions pas d'amélioration à faire.
 - Non, nous avons parlé des changements à faire, mais nous n'avons rien changé.
 - Oui, nous avons parlé des changements à faire et nous avons fait les changements.

Appendice H

Questions d'entrevue des enseignantes

1- Est-ce que vos élèves ont développé la compétence à résoudre des problèmes en collaboration lors des activités que nous leur avons présentées ?

- a) Quelles composantes ont été développées ?
- b) Quelles sous-composantes ont été développées?
- c) Dans quelle mesure ?

2- Y a-t-il un lien entre le développement de cette compétence et le niveau de complexité des activités présentées ? Si oui, lequel ?

Appendice I

Questions du *focus group* des élèves

- 1- Qu'est-ce que vous avez aimé le plus ?
- 2- Qu'est-ce que vous avez appris ?
- 3- Comment s'est passé le travail d'équipe ?

