

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

EFFET DE LA ROBOTIQUE ÉDUCATIVE SUR L'APPRENTISSAGE ET  
L'INTÉRÊT DES ÉLÈVES EN SCIENCE ET TECHNOLOGIE

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ

COMME EXIGENCE PARTIELLE  
DE LA MAÎTRISE EN ÉDUCATION

PAR

HUGO G. LAPIERRE

MAI 2018

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL  
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.10-2015). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

## REMERCIEMENTS

Après une longue période de travail, aujourd'hui est une journée importante : l'écriture de cette page de remerciements signifie la fin de mon mémoire. Ce fut une période d'apprentissage intense pour moi, non seulement dans le milieu académique, mais aussi sur le plan personnel. J'aimerais ainsi souligner toute ma reconnaissance et ma considération aux personnes ayant contribué à ce travail.

Je tiens d'abord à remercier mon directeur de recherche, M. Patrick Charland, professeur au département de didactique à l'UQAM. Il a su m'accorder sa confiance tout au long de mon parcours et m'inclure dans des projets de recherches hautement formateurs et stimulants. Je le remercie pour la qualité de son encadrement, sa rigueur et sa disponibilité. Travailler avec M. Charland est un réel plaisir.

Je remercie ensuite les professeurs et les étudiants de l'EREST: travailler au sein de cette équipe de recherche dynamique et motivante fut une expérience des plus instructives. Je me sens privilégié d'avoir pu évoluer avec des chercheurs et collègues qui croient sincèrement en la relève étudiante. Un merci spécial à Lorie, Yannick, Alexandra et Jean-Philippe pour leurs nombreux conseils et encouragements, mais surtout pour leur amitié qui a façonné la totalité de ce processus.

Enfin, merci à mes amis de longue date et à ma famille pour leur amour indéfectible et leur oreille sympathique : vous êtes toujours présents pour moi.

## TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES.....	VI
LISTE DES TABLEAUX.....	VII
RÉSUMÉ.....	VIII
INTRODUCTION.....	IX
CHAPITRE I	
PROBLÉMATIQUE.....	11
1.1 Le contexte de l'éducation scientifique et technologique.....	11
1.1.1 L'importance de la culture scientifique et technologique.....	11
1.1.2 La diminution de l'intérêt envers la science et la technologie.....	14
1.1.3 Le degré de difficulté de l'apprentissage de la science et la technologie.....	16
1.1.4 Rehausser l'intérêt et l'apprentissage en science et en technologie.....	17
1.2 La robotique éducative, une technologie susceptible de rehausser l'apprentissage et l'intérêt des élèves.....	19
1.2.1 Définition du terme robot.....	19
1.2.2 Origines disciplinaires.....	21
1.2.3 Le potentiel d'apprentissage de la robotique éducative.....	23
1.2.4 Bénéfices documentés de la robotique éducative.....	23
1.2.5 Limites de la robotique éducative en salle de classe.....	25
1.3 Synthèse des éléments de problématique et question de recherche.....	28
1.4 Pertinence sociale et scientifique.....	29

## CHAPITRE II

### CADRE THÉORIQUE

2.1	L'intérêt.....	31
2.1.1	Un modèle du développement de l'intérêt .....	32
2.1.2	L'intérêt situationnel .....	34
2.1.3	Quelques facteurs favorisant le développement de l'intérêt situationnel.....	35
2.1.4	L'intérêt à l'égard de la science et la technologie.....	36
2.2	La robotique éducative.....	37
2.2.1	Fondements constructivistes .....	37
2.2.2	Fondements constructionnistes .....	39
2.2.3	Types de technologie et finalités éducatives.....	40
2.2.4	Bénéfices connus du kit robotique en science et technologie .....	43
2.2.5	Approches pédagogiques liées au kit robotique.....	46
2.3	Objectifs spécifiques et hypothèses de recherche .....	51

## CHAPITRE III

### MÉTHODOLOGIE

3.1	Échantillon .....	53
3.1.1	Processus de recrutement .....	53
3.1.2	Sélection des sujets.....	54
3.1.3	Caractéristiques de l'échantillon .....	55
3.2	Devis méthodologique .....	56
3.3	Tâche expérimentale : un laboratoire de chimie .....	58
3.3.1	Description détaillée du laboratoire.....	62
3.4	Instrumentation .....	65
3.4.1	Questionnaire d'intérêt situationnel .....	65
3.4.2	L'indice de performance des élèves à la tâche expérimentale en chimie.....	67
3.5	Analyse des données .....	67
3.6	Considérations éthiques .....	68

## CHAPITRE IV

## RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

4.1	Résultats de la comparaison de l'intérêt et de l'apprentissage.....	70
4.1.1	Résultat de l'intérêt .....	70
4.1.2	Résultat de l'apprentissage.....	73
4.2	Interprétation des résultats .....	75
4.2.1	L'effet de la robotique éducative sur l'intérêt.....	76
4.2.2	L'effet de la robotique éducative sur l'apprentissage .....	78
4.3	Retombées éducatives envisageables.....	80
4.4	Limites et perspectives de recherche.....	82
CONCLUSION .....		85
RÉFÉRENCES.....		90
APPENDICES.....		105

## LISTE DES FIGURES

Figure	Page
3.1 Présentation du devis méthodologique .....	57
4.1 Distribution et données extrêmes de l'intérêt .....	71
4.2 Distribution et données extrêmes de l'apprentissage .....	74

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Page
1.1 Facteurs maximisant l'effet de la robotique éducative .....	26
2.1 Les quatre phases du modèle de développement de l'intérêt (tiré d'Allaire-Duquette, 2013, p. 28).....	33
3.2 Considérations des facteurs importants connus de la littérature afin de maximiser l'effet de la robotique éducative.....	61
3.3 Statistique de fiabilité du questionnaire.....	66
3.4 Statistiques pour chaque item du questionnaire.....	66
4.1 Statistiques descriptives de l'intérêt.....	72
4.2 Test de normalité de Kolmogorov-Smirnov pour l'intérêt .....	72
4.3 Test-t à échantillon indépendant pour l'intérêt.....	72
4.4 Statistiques descriptives de l'apprentissage .....	74
4.5 Test de normalité de Kolmogorov-Smirnov pour l'apprentissage.....	75
4.6 Test-t à échantillon indépendant pour l'apprentissage .....	75

## RÉSUMÉ

Même si l'apparition des premiers robots dans les écoles remonte aux années 60, plusieurs chercheurs affirment que la littérature actuelle sur les impacts de la robotique éducative (RE) restreint la possibilité de parvenir à des conclusions globales sur cette technologie pourtant déjà bien établie dans les écoles. En parallèle, une diminution de l'intérêt envers la science et la technologie (S&T) chez les élèves est documentée à l'internationale. Cette diminution aurait un impact négatif sur leur réussite scolaire. Ainsi, ce mémoire vise à identifier l'effet de la robotique éducative spécifiquement sur l'intérêt et l'apprentissage des élèves en science et technologie.

Pour ce faire, nous avons adopté un devis méthodologique comparatif où les élèves réalisaient un laboratoire de chimie. La condition expérimentale intégrait du matériel de robotique quand la condition contrôle mobilisait du matériel traditionnel. Les calculs, manipulations et concepts de chimie étaient identiques pour les deux conditions. La durée de la tâche était également équivalente.

225 élèves de 5<sup>e</sup> secondaire ont participé à ce projet : 118 dans la condition expérimentale et 107 dans la condition contrôle. Deux mesures ont été collectées au terme de la tâche : un indice de la performance résultant de la correction du cahier de l'élève évaluait l'apprentissage en S&T et un questionnaire d'intérêt situationnel à échelle Likert développé et validé pour ce projet évaluait l'intérêt envers la S&T. Les analyses statistiques furent un test-t pour chacune de ces mesures afin de comparer l'apprentissage et l'intérêt entre les deux conditions.

La différence significative de la variance d'intérêt des élèves laisse entendre que la RE permettrait non seulement de générer un certain intérêt chez les élèves envers les S&T, mais son ajout à un laboratoire permettrait de stimuler davantage l'intérêt que lors d'un laboratoire traditionnel. L'absence de variance significative de l'apprentissage des élèves laisse entendre que l'ajout de la RE à un laboratoire de chimie ne permettrait pas un apprentissage supérieur que lors d'un laboratoire traditionnel.

La conclusion principale de cette recherche est que l'intégration de la robotique éducative à une tâche en science et technologie permet de stimuler davantage l'intérêt des élèves qu'une même tâche mobilisant du matériel traditionnel, tout en permettant un apprentissage équivalent.

## INTRODUCTION

La robotique éducative (RE) est un champ de recherche qui vise l'introduction du robot au sein des établissements scolaires formels afin de notamment favoriser l'apprentissage des élèves. Elle apparaît à la rencontre des disciplines de la psychologie, des sciences de l'éducation et de l'intelligence artificielle. La RE possède un potentiel éducatif qui est de plus en plus reconnu au sein de la littérature scientifique : des bénéfices marqués liés à l'apprentissage de concepts et au développement de compétences sont documentés (Eguchi, 2010).

Toutefois, certains auteurs (Benitti, 2012; Gaudiello et Zibetti, 2013) concluent que les effets de la robotique en contexte éducatif doivent encore être considérés avec prudence considérant que peu d'études sont publiées et que la majorité de ces études adoptent des devis comportant seulement des pré et post tests sans groupe contrôle. À ce titre, comme le rappelle Johnson (2003) avant de se précipiter vers l'utilisation de nouvelles technologies, il importe de comprendre exactement ce qu'une technologie peut offrir à l'éducateur, et surtout, à l'apprenant. Notre projet de recherche s'inscrit dans cette perspective.

Toutefois, les activités de robotiques ont, dans les dernières années, rapidement intégré les établissements scolaires québécois et se révèlent aujourd'hui comme étant un phénomène bien ancré dans plusieurs écoles, notamment au sein des programmes de science et technologie (Romero et Dupont, 2016). Ainsi, afin de rehausser le potentiel pédagogique de la robotique et d'éviter une certaine dérive technocrate ou purement ludique, il apparaît impératif de continuer d'investiguer les effets de la robotique éducative pour les élèves.

En parallèle, une diminution importante de l'intérêt que portent les élèves envers la science et la technologie est observée à l'international (Potvin et Hasni, 2014). Cette diminution limiterait également leur réussite scolaire. Ce projet de recherche vise donc l'étude de l'effet de la robotique éducative sur l'intérêt et l'apprentissage des élèves en science et technologie.

Le premier chapitre précise la problématique de recherche. Le contexte de l'éducation scientifique et technologique ainsi que le domaine de la robotique éducative seront présentés. La pertinence sociale et scientifique du projet de recherche y sera également discutée.

Le deuxième chapitre présente les concepts-clés autour duquel le projet s'articule. Nous nous intéresserons principalement au concept d'intérêt situationnel ainsi qu'aux bénéfices connus de la robotique éducative en fonction de ses nombreux types de pratiques et de technologies existantes. Ce chapitre se conclut par les objectifs spécifiques de recherche.

Le troisième chapitre présente les choix méthodologiques effectués. L'échantillon constitué pour la recherche est présenté, suivi du devis méthodologique adopté. Le chapitre se conclut par la tâche expérimentale développée et des instruments de collectes de données mobilisés.

Le quatrième et dernier chapitre présente les résultats et leurs interprétations. Les limites et retombées éducatives y sont également discutées.

Finalement, la conclusion résume les principaux résultats de recherche obtenus et propose des pistes pouvant inspirer ou guider la tenue de recherches ultérieures.

## CHAPITRE I

### PROBLÉMATIQUE

Ce premier chapitre est séparé en quatre sections. Les deux premières traitent du double contexte duquel émerge ce projet de recherche, soient le contexte de l'éducation scientifique et technologique, et le domaine de la robotique éducative. La troisième section fait la synthèse des éléments clés et décrit la question de recherche orientant ce mémoire. La pertinence du projet de recherche conclut ce chapitre.

#### 1.1 Le contexte de l'éducation scientifique et technologique

Cette première section traite de l'éducation scientifique et technologique, plus particulièrement du degré de difficulté de l'apprentissage de la science et de la diminution de l'intérêt qu'entretiennent les élèves envers elle. Certains facteurs permettant de rehausser cette diminution d'intérêt et de faciliter son apprentissage concluent cette section.

##### 1.1.1 L'importance de la culture scientifique et technologique

Selon l'Organisation de coopération et de développement économique (OCDE), la culture scientifique et technologie revêt une importance particulière, notamment à cause du rôle de plus en plus important des sciences et technologies dans la société actuelle (OCDE, 2007), et ce, sous plusieurs aspects. Individuellement, la culture scientifique et technologique améliore l'accès et l'utilisation des outils modernes essentiels au travail, tels que les nombreuses et omniprésentes technologies de l'information et de la communication, en plus d'apporter certaines répercussions au

quotidien du citoyen, dans plusieurs sphères touchant de près ou de loin la science (alimentation, environnement, etc.). Aussi, dans leur rapport portant sur l'évaluation des compétences en sciences, l'OCDE (2007) affirme qu'il importe que : « tous les individus, et pas seulement les futurs scientifiques et ingénieurs, possèdent un niveau plus élevé de compétences en sciences » (p. 122). Ainsi, une connaissance minimale en science et en technologie est essentielle à l'individu afin de décoder, comprendre et s'intégrer au monde actuel (Ministère de l'Éducation, 2006).

Socialement, le développement d'une culture scientifique est essentiel pour soutenir l'exercice de la responsabilité citoyenne et le développement d'un esprit critique commun (Viennot, 2008). Une culture scientifique et technologique contribue à une participation citoyenne constructive aux débats actuels, portant par exemple sur l'utilisation de métadonnées au sein du web et de la publicité, les biotechnologies ou l'intelligence artificielle forte. Samson (2002, p. 114) ajoute que : « la culture scientifique est essentielle au développement d'une société moderne, où l'innovation, la productivité et la compétitivité sont à l'honneur ».

Enfin, économiquement, la culture scientifique et technologique permet la stimulation de l'innovation entrepreneuriale et l'augmentation de la productivité des entreprises en plus de limiter la concurrence à l'internationale (Conseil de la science et de la technologie, 2004). Elle encourage également la formation d'une main-d'œuvre compétente et outille les travailleurs face aux défis grandissants de la formation continue liée aux développements et renouvellements des technologies. Les travailleurs étant technologiquement alphabétisés sont plus susceptibles que ceux qui ne le sont pas de posséder les compétences nécessaires afin de (sur)vivre à l'ère de l'information dans une société mondiale, tel que Nelson (2009) le propose, puisque les employeurs modernes exigent des travailleurs une combinaison de connaissances factuelles et conceptuelles en plus d'une compréhension technique approfondie des opportunités et possibilités qu'offrent les récentes technologies. Ainsi, dans ce

contexte, les travailleurs initiés à la programmation et aux technologies possèdent un avantage concurrentiel sur le marché du travail et pourraient être plus susceptibles d'attirer des emplois mieux rémunérés et adaptés à leurs intérêts personnels (Nelson, 2009).

En conséquence, la science et la technologie occupent une place non négligeable dans la société actuelle : elles participent au développement économique, elles favorisent une participation démocratique saine et actuelle, en plus de constituer des outils de développement tant personnel que professionnel. Pour ces raisons, il semble pertinent de mettre en place des environnements qui optimisent leur acquisition, et ce, dès un jeune âge. Parmi les nombreux espaces culturels catalyseurs d'une culture scientifique et technologique, nous retrouvons certes les médias, les bibliothèques, les musées, des organismes à but non lucratif et quelques entreprises privées, mais surtout, le milieu scolaire.

Comme le soulignait le Conseil de la science et de la technologie du Québec (2004, p. 64), « l'école est reconnue comme le principal lieu de développement de la culture scientifique et technique ». L'école étant souvent le lieu où les jeunes entretiennent le contact le plus étroit avec les sciences, il semble pertinent d'assurer un développement adéquat de la culture scientifique et technologique au sein du milieu scolaire.

Toutefois, malgré les nombreux arguments en faveur de la science et de la technologie, le développement d'une culture scientifique et technologique auprès des jeunes par le milieu scolaire demeure un défi, et ce, pour deux raisons : le degré de difficulté lié à l'apprentissage de la science et de la technologie ainsi que l'intérêt déclinant des jeunes envers celles-ci.

### 1.1.2 La diminution de l'intérêt envers la science et la technologie

Le développement d'une culture scientifique et technologique est nécessaire aux sociétés modernes intrinsèquement marquées par les savoirs scientifiques et les avancées technologiques, et un déficit de cette culture vient ainsi nuire directement au citoyen, à la conversation démocratique et à la croissance économique. Il devient alors estimable de noter le décalage toujours croissant observé, au cours des dernières décennies, entre l'expertise scientifique et technologique offerte par le milieu scolaire et la demande sociale, comme le remarquent Hasni et Potvin (2015). En effet, le nombre d'élèves s'intéressant aux carrières scientifiques et/ou technologiques stagne, voire diminue, quand, à l'inverse, les sociétés manifestent des besoins grandissants pour un personnel formé en la matière (OCDE, 2007, 2008).

À l'international, on observe également cet écart entre le besoin et l'intérêt des jeunes envers les carrières scientifiques et technologiques en Angleterre (Cotgreave et Davies, 2005; Hannover et Kessels, 2004), en France (Convert, 2005; Ourisson, 2002; Porchet, 2002), aux États-Unis (Foster, 2010), au Canada (Dobson et Burke, 2013) et en Allemagne (Haas, 2005).

Il est également intéressant de constater que même si la majorité des élèves de 15 ans considèrent que la science et la technologie sont importantes pour une meilleure compréhension du monde et pour leur propre bien-être au quotidien, seulement la moitié d'entre eux estiment qu'il s'agit d'une discipline importante pour eux, et encore moins manifestent le désir d'en faire une carrière, tel que le relève l'enquête du PISA (*Programme for International Student Assessment*) où la culture scientifique a été incluse comme étant une dimension importante (OCDE, 2007). Hasni et Potvin (2015) observent à ce sujet que :

*Dans ce contexte, en plus de la qualité des apprentissages, la relation que les élèves entretiennent avec les ST à l'école et avec les métiers qui leur sont associés doit constituer une des principales préoccupations de l'école, des politiques éducatives et des*

*recherches en éducation scientifique et technologique (Hasni et Potvin, 2014, p. 6).*

Les études qui se sont intéressées à comprendre et documenter cet écart sont nombreuses depuis les dernières années (Ainley, Corrigan et Richardson, 2005; Ainley, Hidi et Berndorff, 2002; Schiefele, Krapp et Winteler, 1992). L'ensemble des résultats et recommandations qui émergent de celles-ci seront présentés exhaustivement dans le chapitre suivant. Il importe, pour l'instant, de garder en tête que ces études poursuivent globalement l'hypothèse qu'un intérêt élevé envers la science et la technologie influencerait positivement l'engagement des jeunes lors des tâches et des études scientifiques, ce qui rehausserait, par la suite, leurs attitudes à l'égard de ces carrières ainsi que le développement de la culture scientifique et technologique (Hidi et Harackiewicz, 2000; Nieswandt, 2006).

Cette perte d'intérêt serait d'autant plus importante après le passage au secondaire (Potvin et Hasni, 2014). Pour Osborne et coll. (2003), qui observent une diminution significative de l'intérêt pour les sciences commençant vers l'âge de 9 ans, il semble que l'école ait « tragiquement fait peu de choses pour stimuler l'intérêt des élèves ». Au niveau personnel, on suppose que les adolescents seraient davantage préoccupés par la passation d'examens nationaux, ce qui les centrerait surtout sur l'obtention de bons résultats. Aussi, Krapp et Prenzel (2011) rapportent que l'adolescence est une période développementale cruciale, et que ces derniers seraient moins prêts à investir des ressources personnelles importantes dans des apprentissages en science.

Enfin, alors que de nombreuses études publiées rapportent un déclin de l'intérêt chez les élèves au cours de leur parcours scolaire, l'intérêt pour les sciences semble être un facteur-clé pour améliorer la réussite en science (Osborne, Simon et Collin, 2003; Barmby et coll., 2008; Potvin et Hasni, 2014). À ce titre, la prochaine sous-section traite de l'apprentissage de la science et de la technologie et de son interaction avec l'intérêt.

### 1.1.3 Le degré de difficulté de l'apprentissage de la science et la technologie

Plusieurs études ont montré que la perception des élèves de leurs compétences en science et en technologie influence grandement leur engagement dans ces domaines et, par la suite, dans des carrières analogues (Bryan et coll., 2011; Chang et Cheng, 2008; Wender, 2004). Osborne et coll. (2003) affirment, dans leur synthèse des recherches, que les élèves percevaient les sciences comme une matière difficile et que cette perception était déterminante lors des choix subséquents de matières dans leur cursus scolaire. Dans le même sens, les élèves jugent que la science et la technologie est la troisième discipline scolaire la plus difficile derrière les mathématiques et le français (Hasni et Potvin, 2015).

Krapp et Prenzel (2011) montrent également que, au sein même de la science et de la technologie, l'enseignement de la physique et la chimie est d'autant plus difficile :

*While the subjects physics and chemistry, which are considered to be relatively difficult by the majority of students at the secondary level, are relatively unpopular and are rated as an interesting school subject comparatively seldom [...] the subject biology has much higher scores when it comes to ratings of popularity and interest (Krapp et Prenzel, 2011, p. 40).*

Il semble ainsi d'autant plus important d'investir sur le développement d'une bonne culture scientifique considérant que les difficultés en science que rencontrent les élèves ont un impact sur leur perception qu'ils entretiennent à l'égard des sciences, sur leur attrait pour une future carrière scientifique ainsi que sur leur sentiment de compétence au regard de cette discipline (OCDE, 2008).

Aussi, plusieurs auteurs se sont intéressés au lien existant entre l'intérêt et l'apprentissage en science et technologie. À ce titre, Osborne et coll. (2003) soulignent que la relation entre les attitudes et la réussite est hautement complexe, mais que « perhaps the most tenable position is that the two are inescapably linked in a complex interaction » (p.1072). Au terme de leur revue systématique de la

littérature à ce sujet, Potvin et Hasni (2014) affirment enfin que l'apprentissage et l'intérêt sont liés et qu'ils semblent généralement évoluer similairement.

De ce fait, dans la prochaine sous-section, nous investiguons les facteurs susceptibles de rehausser tant l'intérêt que l'apprentissage des élèves en science et technologie.

#### 1.1.4 Rehausser l'intérêt et l'apprentissage en science et en technologie

Dans le cadre de leur récente revue de la littérature systématique sur la question de l'intérêt que portent les jeunes du primaire et du secondaire envers la science et la technologie, Potvin et Hasni (2014) ont documenté l'interaction et l'effet de plusieurs variables sur cet intérêt. Deux de ces nombreuses variables ont été identifiées comme ayant un impact positif envers l'intérêt, et, possiblement, sur la performance scolaire : l'utilisation de l'apprentissage par problème et l'apprentissage pratique, ainsi que les technologies de l'information et de la communication.

Potvin et Hasni (2014) ont placé dans la même catégorie l'apprentissage par problème et l'apprentissage par la pratique (laboratoire de science, par exemple), puisqu'ils considèrent qu'il s'agit, dans les deux cas, d'approches centrées sur l'apprenant plutôt que sur l'enseignant et auxquelles une certaine prise de décision de la part de l'élève est requise. Les auteurs arrivent à la conclusion que la plupart des interventions basées sur des problèmes ont des effets positifs sur l'intérêt des élèves, alors que certaines activités pratiques, lorsqu'elles ne mobilisent pas autant de réflexion de la part des élèves que la résolution de problème, n'ont pas d'effet observable. Hasni et Potvin (2015) ont plus récemment exploré les méthodes d'enseignement en science, toujours en s'intéressant à leur impact sur l'intérêt des élèves en science. Pour favoriser l'émergence de l'intérêt situationnel, les 1882 élèves interrogés ont rapporté que les méthodes basées sur la mise en action des apprenants (observation, expérimentation et laboratoire) et les échanges d'idées étaient les méthodes les plus efficaces. Les méthodes à éviter, selon ces mêmes élèves, étaient

les techniques de transmission directe des connaissances (enseignement magistral), les exercices répétitifs et les présentations orales (Hasni et Potvin, 2015).

Ces résultats sont d'ailleurs en accord avec ceux rapportés par le Conseil supérieur de l'éducation (2013) et les travaux menés par l'OCDE (2008), où l'apprentissage par problème et les laboratoires pratiques semblent avoir le potentiel de rehausser l'intérêt des élèves en science et technologie.

Une seconde variable identifiée par Potvin et Hasni (2014) est l'utilisation des technologies de l'information et de la communication (TIC). Les auteurs estiment qu'il n'est pas déraisonnable de prétendre que les TIC ont le potentiel d'améliorer l'intérêt des jeunes envers la science et la technologie. Des gains ont en effet été documentés par plusieurs auteurs, et ce, via l'utilisation de différentes technologies, dont, par exemple, des logiciels éducatifs (Kara et Yesilyurt, 2007), des activités d'apprentissage assistées par ordinateur (Park et coll., 2009), des ressources web (Koszalka, 2002), des caméras photo (Tatar et Robinson, 2003) et des capteurs (Carvalho-Knighton et Smoak, 2009).

Cette conclusion est toutefois atténuée par le fait que, somme toute, peu d'articles scientifiques se sont intéressés à ce sujet et que, dans quelques cas, aucun gain n'était observé (Siegel et Ranney, 2003). Potvin et Hasni (2014) encouragent d'ailleurs les chercheurs à continuer d'investiguer les bienfaits des TIC en termes d'intérêt généré chez les élèves pour la science et la technologie.

Ainsi, dans la prochaine section, nous nous tournons vers le domaine de la robotique éducative, qui est non seulement considéré comme une technologie de l'information et de la communication, mais également comme un outil pédagogique permettant de développer des activités pratiques «mains à la pâte» afin de développer la motivation des élèves (Eguchi, 2010).

## 1.2 La robotique éducative, une technologie susceptible de rehausser l'apprentissage et l'intérêt des élèves

Pour Gaudiello et Zibetti (2013), la robotique éducative (RE) vise l'introduction d'une gamme technologique d'intelligences artificielles incarnées (robots) au sein de l'école, son but étant de favoriser et renouveler l'apprentissage des élèves et l'enseignement des enseignants (Denis & Baron, 1994). Issue de la relation entre le milieu de l'éducation et du progrès technologique, la RE est un champ de recherche qui bénéficie actuellement d'un intérêt populaire dans les écoles primaires et secondaires depuis les dernières dix années (Gaudiello et Zibetti, 2013), notamment au Québec (Romero et Dupont, 2016).

Le présent mémoire s'intéresse particulièrement à l'utilisation de la robotique éducative en tant qu'outil pédagogique afin de bonifier l'enseignement d'une discipline externe à la robotique elle-même. Dans notre cas, en réponse au problème décrit dans la section suivante, nous nous intéressons à l'utilisation de la RE pour possiblement rehausser l'intérêt et l'apprentissage des élèves en S&T. Toutefois, tel qu'il sera démontré dans cette section, le corpus de la littérature en RE comporte certaines limites scientifiques que nous décrirons pour tenter d'y répondre par le présent projet de recherche.

De ce fait, dans la prochaine sous-section, nous retracerons les origines disciplinaires de la RE en vue d'examiner son potentiel éducatif. Nous nous intéressons ensuite à ses bénéfices documentés en termes d'apprentissage et de développement de compétences. Nous concluons cette section en abordant certaines limites et enjeux propres au corpus scientifique de la robotique. Nous débutons notre exploration de la RE par la définition du terme *robot*.

### 1.2.1 Définition du terme robot

C'est en 1920 qu'est utilisé pour la première fois le terme robot par l'auteur et dramaturge Tchèque Karel Capek. Dans sa pièce de théâtre de science-fiction R.U.R.,

le terme inventé tchèque *robot* désignait alors des travailleurs futuristiques fabriqués par l'homme : il s'agit d'un dérivé des termes *robotnik* et *robota* qui se traduisent respectivement par *paysan* et *corvée* (Siciliano et Kathib, 2008).

À l'heure actuelle, la littérature scientifique ne semble pas permettre d'établir une définition consensuelle de ce qu'est le robot. En effet, la définition de ce terme semble même susciter une certaine controverse au sein du milieu de la robotique (Siciliano et Kathib, 2008). Dès 1981, l'Institut du Robot de l'Amérique (Robot Institute of America) proposait une définition du robot s'articulant principalement autour des tâches que ce dernier peut accomplir. Il indiquait en ce sens que le robot est « une machine multifonctions reprogrammable dont le but est de bouger du matériel, des pièces, des outils ou des dispositifs à l'aide de plusieurs mouvements programmés en vue d'accomplir différentes tâches » (Robot Institute of America, 1981). Plus récemment, l'Organisation Internationale pour la Standardisation (ISO 8373, 2012) a pour sa part proposé la définition suivante : « une machine contrôlée de façon automatisée, reprogrammable, polyvalente et détenant 3 axes ou plus » (traduction libre). Certains points de convergence existent entre ces deux définitions, notamment en ce qui concerne l'idée que le robot puisse accomplir plusieurs fonctions (sa programmabilité). Enfin, le robot peut également être complètement virtuel et effectuer des opérations complètement numériques sur des données, tel qu'expliqué par Kim, Kim et Lee (2004) lorsqu'ils décrivent le robot-logiciel. Ces auteurs décrivent également, sans donner de définition fixe, un nouveau type de robot, le robot omniprésent (*ubiquitous robot*), qui est à la fois virtuel et physique, pouvant se déplacer à travers des réseaux d'ordinateurs, pouvant comprendre son environnement via l'utilisation de capteurs et de caméras, et pouvant interagir avec le monde via différents effecteurs.

Par ailleurs, comme nous les décrirons plus en détail au deuxième chapitre, les robots introduits en milieu scolaire prennent actuellement plusieurs formes : des robots

préfabriqués et préprogrammés à apparence humaine ou animale où l'apprenant interagit physiquement avec ceux-ci; un ensemble de pièces, de capteurs et d'effecteurs reliés à un microprocesseur permettant à l'apprenant de construire et programmer ses propres robots; enfin, des robots simulés via un environnement numérique où l'apprenant n'a pas d'interaction physique, mais où il peut les programmer. Cet ensemble varié de robots nous apparaît comme étant cohérent avec le spectre assez large des définitions du terme robot.

Ainsi, dans le cadre de ce mémoire, nous choisirons d'utiliser le terme robot pour référer à toute machine programmable, virtuelle ou physique, pouvant réaliser un travail (*output*) en fonction de commandes initiales (*input*). Cette définition nous apparaît comme étant cohérente avec les types de robots déjà introduits au domaine de l'éducation et rassemble certains éléments communs des définitions vues ci-haut. Dans la prochaine sous-section, nous nous intéressons aux origines disciplinaires de la RE afin d'en comprendre sa provenance en vue de s'attarder à son potentiel en éducation.

### 1.2.2 Origines disciplinaires

La synthèse des écrits de Gaudiello et Zibetti (2013) retrace l'héritage pluridisciplinaire de la RE. En effet, la RE est apparue à la rencontre de trois disciplines distinctes : la psychologie, les sciences de l'éducation et l'intelligence artificielle (IA).

D'abord, ce sont les premières explorations de la connexion entre l'intelligence humaine et de la machine effectuées au milieu du 20<sup>e</sup> siècle qui marque la création d'un domaine de recherche qui deviendra (et restera) très fertile : l'intelligence artificielle (Siciliano et Khatib, 2008). C'est ensuite l'intégration de cette IA à la machine qui aboutit à la création des premiers robots. Jouissant d'avancées technologiques multiples, les robots, aujourd'hui munis de capteurs précis et de processeurs puissants, explorent et interagissent avec leur environnement, leur

permettant ainsi d'effectuer des tâches complexes et variées (Korchnoy, 2010). On les retrouve actuellement un peu partout : tant sur Terre que sur Mars, dans les hôpitaux, dans les usines et, dans le cas qui nous intéresse particulièrement, dans les écoles (Siciliano et Khatib, 2008). De ce fait, la première discipline dont est issue la RE est l'IA.

Ensuite, la RE prend racine en psychologie, puisque celle-ci se révèle essentielle lorsque l'on s'intéresse aux processus mentaux derrière l'utilisation et l'appropriation d'une nouvelle technologie, spécialement lorsque l'on désire en étudier les bénéfices liés à l'apprentissage (Andler & Guerry, 2008). La RE emprunte donc à la psychologie certaines théories, portant notamment sur l'acquisition du raisonnement abstrait (Piaget, 1952), sur les stratégies de résolution de problème (Polya, 2007) et sur la métacognition (Gagné et coll., 2009).

Enfin, la RE s'imbrique dans les sciences de l'éducation d'un point de vue pratique puisqu'elles guident et aident l'action pédagogique (Mialaret, 1976). C'est l'éducation qui établit le lien entre les mécanismes cognitifs de l'apprentissage et leur opérationnalisation (Meltzoff et coll., 2009), afin de fournir des pratiques pédagogiques concrètes (Bru & Donnay, 2002) en vue d'une amélioration continue du système éducatif (Vosniadou, 2001). Dans ce projet, nous nous intéresserons justement à l'opérationnalisation de la RE afin de notamment bonifier l'apprentissage des élèves en science et technologie.

Saisissant maintenant mieux l'identité de la RE via l'exploration de ses origines disciplinaires, il nous apparaît primordial de nous pencher sur le potentiel qu'elle comporte.

### 1.2.3 Le potentiel d'apprentissage de la robotique éducative

Plusieurs chercheurs fondateurs au domaine de la RE (Nonnon 2002 ; Papert, 1993 ; Resnick et Ocko, 1990) estiment que les activités de robotiques en milieu scolaire comportent un potentiel éducationnel énorme afin d'améliorer l'enseignement en classe, et ce, pour plusieurs raisons. D'abord, la RE est considérée comme une technologie de l'information et de la communication pour l'enseignement possédant un double statut : la RE peut être abordée en tant qu'objet et en tant qu'outil éducatif (Ionita et Ionita, 2007). En effet, le robot peut être perçu comme un dispositif technologique pouvant être étudié, construit et programmé, mais peut également être utilisé comme une ressource pédagogique afin de renouveler la pratique enseignante, tant en contextualisant qu'en favorisant des savoirs et/ou des compétences.

Ensuite, la RE propose une souplesse sur le plan de ses modalités d'apprentissage (Tejada et coll., 2006). Il est possible de créer des apprentissages «au sujet de» la robotique (Resnick et coll., 2009), «avec» la robotique (Chang et coll., 2010) et «par» la robotique (Hyun et coll., 2008). Ainsi, le robot est utilisé comme plateforme de construction ou de programmation, comme un compagnon d'apprentissage robotisé à l'élève ou comme un dispositif robotisé virtuel permettant des simulations.

La robotique éducative se distingue donc de l'éducation «à la» robotique, dont le but est uniquement l'étude «du» robot en tant qu'objet, notamment par son double statut et par ses trois modalités d'apprentissage.

### 1.2.4 Bénéfices documentés de la robotique éducative

Comme le remarquent Gaudiello et Zibetti (2013), les descriptions souvent trop peu détaillées des protocoles et le manque d'études expérimentales complètes liées aux divers impacts de la RE en milieu scolaire ne permettent pas encore d'effectuer de méta-analyses menant à des conclusions globales. Toutefois, certaines études du domaine sur les impacts de la RE (Eguchi, 2010 ; Benitti, 2012) démontrent que la

robotique éducative apporte des bénéfices à l'élève selon deux perspectives : l'apprentissage de concepts et de connaissance, ainsi que le développement de compétences et d'attitudes.

D'abord, la robotique éducative contribue à l'apprentissage de concepts pour des disciplines variées (Benitti, 2012). Des améliorations en termes d'apprentissage pour des élèves du primaire et du secondaire ont été observées par plusieurs auteurs. Ce perfectionnement s'est observé dans des disciplines intrinsèquement liées à la robotique, comme en mathématiques (Barker et Ansorge, 2007 ; Nugent et coll., 2009), et spécialement avec les fractions, les proportions et la géométrie du cercle (Nugent et coll., 2008), ainsi qu'en programmation, en ingénierie et en robotique (Barker et Ansorge, 2007 ; Nugent et coll., 2009).

D'autres études démontrent des améliorations à des disciplines externes à la robotique, notamment en musique et en art (Resnick et Martin, 1996 ; Ribeiro et coll., 2012 ; Rusk et coll., 2008). En lien avec nos intérêts de recherche, un effet positif en termes de réussite scolaire a également été observé en science, comme en biologie, spécifiquement sur l'évolution (Whittier et Robinson, 2007), en physique sur les trois lois de Newton (Williams et coll., 2007) et en technologie sur les systèmes complexes (Sullivan, 2008). Il est à noter qu'aucune étude ne s'est intéressée à l'enseignement de la chimie via l'utilisation de la robotique éducative (Spolaor et Benitti, 2017).

Par ailleurs, la robotique éducative développe également des compétences d'interactions sociales et de travail en équipe (Mitnik et coll., 2008), de raisonnement, d'observation et de manipulation (Sullivan, 2008), de résolution de problèmes (Nugent et coll., 2009) ainsi que des compétences liées à la démarche scientifique, telle que l'évaluation des solutions possibles, la formulation d'hypothèses, l'expérimentation méthodique et le contrôle de variables (Sullivan, 2008).

#### 1.2.4.1 Lacunes en recherche quant aux impacts de la RE

Toutefois, comme mentionné précédemment, les descriptions souvent trop peu détaillées des protocoles et le manque d'études expérimentales (Gaudiello et Zibetti, 2013) mènent plusieurs auteurs à conclure que les effets de la RE doivent être considérés prudemment (Alimisis, 2013 ; Benetti, 2012 ; Gaudiello et Zibetti, 2013).

Gaudiello et Zibetti (2015) ont plus récemment surenchérissement en remarquant que la plupart de la littérature sur l'utilisation de la robotique dans un contexte éducatif est descriptive ou anecdotique, basée sur des rapports d'enseignants (Lau et coll., 1999; Caci et D'Amico, 2003; Ford et coll., 2006), tandis que les études scientifiques basées sur un modèle expérimental rigoureux, en particulier les études avec des groupes témoins, sont assez rares, voire inexistantes (Gaudiello et Zibetti, 2015). Il sera en effet démontré dans l'exposé du cadre théorique que la plupart des études en RE évaluent ses bienfaits avec des devis de recherche comportant, certes, un pré et un post test entre lesquelles une intervention est administrée pendant souvent plusieurs semaines, mais où aucun groupe contrôle n'est utilisé. Or, il nous apparaît peu surprenant qu'une intervention de 40 heures visant l'apprentissage de la science et la technologie par la robotique éducative génère des apprentissages en science, tel que démontré dans les travaux de Nugent et coll. (2009). Ainsi, comme le conseillent Gaudiello et Zibetti (2013, 2015), il mandataire à la littérature scientifique s'intéressant à l'utilisation de la RE de comparer les effets de la robotique en éducation aux méthodes traditionnelles d'enseignement.

De plus, peu d'études documentent les impacts de la robotique éducative à partir de l'élève ; en effet, elles abordent plutôt la perspective des enseignants sur les retombées qu'ils ressentent ou observent sur les élèves (Gaudiello et Zibetti, 2015).

#### 1.2.5 Limites de la robotique éducative en salle de classe

Malgré le peu d'études documentant rigoureusement les impacts de la robotique éducative, le bilan de celles-ci démontre jusqu'à maintenant un portrait positif quant à son utilisation au sein de la classe. Toutefois, bien que la RE semble très prometteuse, son utilisation n'apporterait pas systématiquement des bénéfices. En effet, des études démontrent que, lorsque certains facteurs sont manquants à son utilisation, la robotique éducative n'apporte aucune retombée positive significative à l'élève (Hussain et coll., 2006 ; Sullivan, 2008). Ainsi, suite à son analyse de la littérature, Benitti (2012) dresse un bilan des facteurs considérés importants par plusieurs auteurs afin d'assurer un transfert des apprentissages et des compétences efficaces avec la robotique éducative. Le tableau 1.1 présente ces facteurs de manière synthétique.

Le dernier facteur, concernant le rôle de l'enseignant, nous intéresse particulièrement puisqu'il met l'accent sur le rôle clé que joue l'enseignant dans le transfert d'apprentissage ou de compétences en robotique éducative, et serait, toujours selon Benitti (2012), le facteur le plus décisif lié à l'utilisation de la RE en classe. Thomaz et coll. (2009) vont également dans ce sens puisqu'ils estiment que des avantages significatifs ne sont obtenus que lorsque l'enseignant utilise la RE en l'intégrant à des activités de « main à la pâte » où les élèves construisent et programment un robot dans le cadre d'une tâche scolaire formelle. L'enseignant doit être en mesure d'aligner ce nouvel outil avec les besoins et les intérêts des élèves en fonction de ses objectifs pédagogiques tout en considérant les contraintes matérielles (Thomaz et coll., 2009). Pour ce faire, il doit nécessairement être conscient des théories didactiques (constructivisme guidé et constructionisme<sup>1</sup>) et des approches pédagogiques (pédagogie de projet, résolution de problème et apprentissage par la pratique) propres à la RE, en plus d'être compétent en conception, en programmation, en mathématique et en technologie.

**Tableau 1.1** Facteurs maximisant l'effet de la robotique éducative

---

<sup>1</sup> Ce concept est décrit lors de l'exposé du cadre théorique

Auteur(s)	Facteurs importants
Lindh et Holgersson (2007)	Les élèves doivent avoir suffisamment d'espace afin de pouvoir étendre le matériel, spécialement lors de la construction, pour tester leurs solutions. Les équipes de travail doivent être constituées de 2 ou 3 élèves maximum. La tâche exigée doit être pertinente, réaliste et en relation avec d'autres tâches et disciplines scolaires.
Williams et coll. (2007)	Les leçons et les didacticiels en robotique doivent être courts et abordés par la résolution de problème. Les élèves doivent s'approprier le matériel de construction avant d'être confronté à une tâche conception.
Nugent et coll. (2008)	Les liens entre les activités de robotique et la science, pour les élèves du primaire, ont besoin d'être explicités très clairement.
Sullian (2008)	La tâche doit être ouverte et doit intéresser l'élève durant tout le processus. L'enseignant doit effectuer de la rétroaction rapidement afin que les élèves ne restent pas bloqués.
Hussain et coll. (2006) Lindh et Holgersson (2007)	Le rôle important de l'enseignant sur la stimulation des élèves et la création d'attitudes positives envers leurs travaux scolaires. C'est l'enseignant qui influence leur perception de la robotique.

Aussi, il a été observé que ce sont les enseignants en science et technologie qui sont généralement appelés à dispenser les cours de robotique dans les écoles primaires et secondaires ou encore à utiliser cette technologie comme outil afin de venir appuyer leur enseignement (Vollstedt et coll., 2007). Ils éprouveraient toutefois des difficultés avec la programmation liée à la robotique, ce qui les rendrait parfois incapables de répondre aux questions des élèves et les découragerait d'enseigner la robotique (Vollstedt et coll., 2007). Les questions de certains élèves se révèlent en effet très complexes et intrusives au matériel de robotique, amoindrissant la confiance des

enseignants envers leur enseignement (Hussain, 2006). Une formation suffisante doit donc être assurée aux enseignants (Vollstedt et coll. 2007).

Toutefois, comme le souligne Benitti (2012) au terme de sa revue de la littérature, l'investissement dans la formation des enseignants, en plus du coût d'achat de l'équipement, renforcent la nécessité de recherches qui démontrent clairement les avantages de l'utilisation de la robotique en éducation, afin de guider avec précision les écoles vers une utilisation efficace de cette technologie qui jouit d'une popularité grandissante dans les écoles primaires et secondaires.

Plusieurs chercheurs soutiennent (Nonnon, 2002 ; Papert, 1993 ; Resnick et Ocko, 1990) que la robotique représente une source de motivation pouvant favoriser l'apprentissage des enfants. Mais comme Johnson (2003) le rappelle, avant de se précipiter vers l'utilisation de nouvelles technologies, il importe de comprendre exactement ce qu'une technologie peut offrir à l'éducateur, et surtout, à l'apprenant. Cet auteur appelle à résister d'introduire en classe des technologies qui pourraient s'avérer n'être rien de plus qu'une mode de passage. Ce projet de recherche s'inscrit directement dans cette perspective.

### 1.3 Synthèse des éléments de problématique et question de recherche

Suite à l'exposé de notre problématique, nous savons que l'intérêt, qui peut possiblement influencer l'apprentissage, est en baisse chez les élèves en science et technologie, spécialement lors du secondaire. Les TIC ainsi que l'apprentissage pratique possèdent des caractéristiques génératrices d'intérêt chez les élèves. En parallèle, un champ de recherche visant l'intégration du robot au milieu scolaire prône avoir la capacité de générer de l'intérêt, augmenter l'apprentissage et de rehausser la motivation des élèves via des activités main à la pâte. Toutefois, bien que le domaine de la robotique éducative date des années 1970 avec les travaux de Papert, peu de recherches ont investigué empiriquement l'impact de l'utilisation de la robotique sur l'intérêt des jeunes à l'égard de la science ainsi que sur l'apprentissage

en science et technologie. De plus, comme le soulignent différents auteurs ayant récemment effectué des revues de la littérature, il serait éclairant d'adopter des devis méthodologiques expérimentaux où les apports de la RE sont mesurés et comparés à des méthodes traditionnelles d'enseignement sans matériel de robotique.

En résumé :

- Considérant l'importance d'une culture scientifique et technologique ;
- Considérant la baisse d'intérêt des jeunes envers la science et la technologie ;
- Considérant le potentiel des TIC et le potentiel des activités pratiques pour rehausser cette baisse d'intérêt ;
- Considérant que la robotique éducative est définie comme étant une TIC qui permet des activités pratiques ;
- Considérant le potentiel de la robotique éducative à générer ou favoriser des apprentissages en lien avec la science et la technologie ;
- Considérant toutefois certains manques de savoir en termes d'impacts clairs de la robotique éducative pour les élèves, notamment sur l'apprentissage et sur l'intérêt qu'elle génère ;
- Considérant enfin les recommandations récentes d'auteurs (Benitti, 2012 ; Gaudiello et Zibetti, 2013) ayant effectuées des revues de la littérature du domaine de la robotique éducative qui encouragent fortement l'adoption de devis expérimentaux comparatifs afin de cerner clairement les bénéfices de la robotique éducative ainsi que sa valeur ajoutée par rapport à une méthode d'enseignement sans robotique.

Nous proposons d'investiguer les impacts de la robotique éducative sur la performance et l'intérêt des élèves en science et technologie, plus précisément en chimie, via l'adoption d'un devis expérimental comparatif. Ainsi, la question de recherche orientant le projet est la suivante:

**Quel est l'impact de l'utilisation de la robotique éducative sur l'intérêt et l'apprentissage des élèves en science et technologie?**

#### 1.4 Pertinence sociale et scientifique

Ce projet de recherche s'inscrit dans la perspective éducative où l'enseignement de la science et de la technologie constitue une composante essentielle à la formation des futurs citoyens de la société de demain afin qu'ils participent de manière éclairée à la conversation démocratique. C'est donc en considérant l'omniprésence actuelle de la technologie dans notre société qu'une connaissance de base de celle-ci, notamment en robotique, nous apparaît non pas comme un luxe, mais comme un outil nécessaire afin d'y vivre de manière profitable.

De plus, tel que vu précédemment, le développement d'une culture scientifique et technologique comporte des bénéfices individuels, sociaux et économiques. Toutefois, tel qu'expliqué précédemment, une diminution de l'intérêt que porte les élèves envers les S&T est observée à l'international (Potvin et Hasni, 2014). Cette diminution d'intérêt pourrait également avoir un impact sur leur apprentissage (Osborne et coll., 2003). Ainsi, ce mémoire est susceptible de permettre de mieux comprendre l'impact de l'utilisation de la robotique éducative sur la performance et l'intérêt des élèves en science et technologie, dans la perspective, à long terme, de les accroître.

Enfin, le projet de recherche répond aux lacunes scientifiques propres au domaine de la robotique éducative, soient de clairement cerner ses bénéfices pour l'élève via l'adoption d'un devis méthodologique comparatif. Les résultats obtenus permettront de guider les enseignants vers une pratique efficace ainsi que les directions d'écoles vers un investissement intelligent, tant dans la formation du personnel enseignant que dans l'achat cet outil pédagogique.

## CHAPITRE II

### CADRE THÉORIQUE

Dans ce chapitre, les éléments théoriques nécessaires à l'élaboration de nos objectifs spécifiques de recherche seront présentés. Nous nous intéresserons d'abord au concept d'intérêt et aux bénéfices connus de la robotique éducative en fonction de ses nombreuses technologies et pratiques existantes.

#### 2.1 L'intérêt

Le concept d'intérêt en éducation décrit l'état psychologique qui représente le niveau d'engagement d'un apprenant ou sa prédisposition à se réengager dans des contextes où il est en contact avec un objet d'apprentissage (Hidi et Renninger, 2006). Ainsi, un apprenant intéressé possède une attention accrue et une augmentation du fonctionnement cognitif, ce qui le mène à persister et à s'engager plus longtemps dans une tâche (Krapp et Prenzel, 2011).

Dans la littérature, le concept d'intérêt est fréquemment confondu avec la motivation et les attitudes, toutefois certains auteurs soutiennent qu'ils ne sont pas synonymes (Potvin et Hasni, 2014). L'intérêt se distingue essentiellement de l'attitude et de la motivation de par son lien avec l'objet d'apprentissage : « One cannot simply have an interest: one must be interested in something » (Gardner, 1996, p.6).

L'intérêt met donc l'accent sur la relation dyadique entre l'élève et l'objet d'apprentissage. Aussi, alors que la motivation et l'attitude ciblent exclusivement ce qui pousse l'apprenant à s'engager dans une tâche, l'intérêt considère également les raisons qui encouragent l'individu à demeurer engagé dans cette tâche (Ryan et Deci, 2000). L'intérêt se dissocie aussi de la motivation extrinsèque, qui traite les facteurs

de manière externe à l'apprenant, tant dit que l'intérêt se centre sur l'individu en relation avec un objet, et ce, peu importe s'il réagit à des facteurs internes ou externes (Hidi et Renninger, 2006).

Enfin, l'évaluation de l'attitude diffère de l'évaluation de l'intérêt : celle de l'attitude nécessite un point de vue général et impersonnel envers un objet quand l'intérêt implique une valeur subjective attachée à l'objet (Krapp et Prenzel, 2011). Il serait donc possible d'entretenir une attitude nettement négative à l'égard du problème, le sexisme par exemple, mais tout de même porter un intérêt fort et persistant envers le sujet afin de le comprendre et le résoudre. Les attitudes en science tendent également à demeurer stables dans le temps (Caleon et Subramaniam, 2008), contrairement à l'intérêt qui pourrait varier grandement au sein d'une même tâche.

### 2.1.1 Un modèle du développement de l'intérêt

Comprendre le processus du développement de l'intérêt chez l'apprenant permet une intervention pédagogique le maximisant, et à ce titre, certains auteurs se sont penchés sur ce processus afin de le modéliser. Ainsi, le modèle du développement de l'intérêt en quatre phases de Hidi et Renninger (2006) explique l'influence de l'intervention pédagogique sur le développement, le maintien et la variation de l'intérêt de l'apprenant. Ce modèle a été retenu pour ce projet de recherche considérant non seulement qu'il s'agit, comme le relèvent Potvin et Hasni (2014) au terme de leur revue de la littérature systématique, du modèle le plus souvent utilisé et validé dans les recherches portant sur l'intérêt des jeunes, mais considérant également qu'il explique chaque phase du développement de l'intérêt en fonction des caractéristiques et des besoins éducatifs de l'apprenant.

Ce modèle est composé de quatre phases distinctes et successives, mais dont le passage entre ces phases n'est pas systématique. En effet, c'est seulement lorsqu'un intérêt situationnel (deux premières phases) est maintenu qu'un intérêt individuel (deux dernières phases) est développé. Le tableau 2.1 définit chacune des quatre

phases de l'intérêt et les caractéristiques de l'apprenant selon la phase dans laquelle il se trouve.

**Tableau 2.1** Les quatre phases du modèle de développement de l'intérêt  
(tiré d'Allaire-Duquette, 2013, p. 28)

<b>Phases du développement de l'intérêt de Hidi et Renninger (2002)</b>				
	Phase 1: Déclenchement de l'intérêt situationnel	Phase 2: Maintien de l'intérêt situationnel	Phase 3: Émergence de l'intérêt individuel	Phase 4: Intérêt individuel développé
Définition <i>État psychologique...</i>	... résultant d'une variation soudaine des processus cognitifs et affectifs	... supposant une attention soutenue sur une période de temps donnée	... et amorce d'une prédisposition soutenue à s'engager dans un certain type de tâche	... et prédisposition soutenue à s'engager dans un certain type de tâche
Caractéristiques de l'apprenant	- Porte attention à la tâche - Nécessite souvent du support externe - Peut ressentir des émotions positives ou négatives - N'est pas nécessairement conscient de l'expérience qu'il vit	- S'engage dans la tâche - Est soutenu par les autres pour faire des liens entre ses habiletés, connaissances et expériences - Ressent des émotions positives - Comprend la tâche et lui attribue une valeur	- Est prédisposé à s'engager par lui-même dans la tâche - Se pose des questions et cherche des réponses - Ressent des émotions positives et reconnait la valeur de la tâche - Accumule des connaissances	- S'engage lui-même dans la tâche - Se pose des questions et s'autorégule pour chercher des réponses - Ressent des émotions positives - Persévère et reconnait l'apport des autres au domaine

L'intérêt situationnel est défini par le fait qu'il est associé à un objet (une tâche, un contexte, une situation, etc.) dans lequel l'apprenant est engagé (Hidi et Renninger, 2006). Cet objet peut provoquer un sentiment tant positif que négatif : il ne doit pas être perçu comme un synonyme de plaisir puisqu'un objet déplaisant peut nonobstant susciter un intérêt négatif (Renninger et Hidi, 2011). Malgré le fait qu'il soit transitoire et qu'il puisse varier grandement dans le temps, l'intérêt situationnel mène, sous certaines conditions, à un intérêt persistant (Krapp, 2007). En effet, lorsqu'il est produit et maintenu au fil du temps par un même objet, il conduit à l'intérêt général (Swarat et coll., 2012). L'intérêt général est, quant à lui, défini par un désir intrinsèque et persistant de l'apprenant à entrer en contact avec un objet (Hidi et Renninger, 2006). Cet intérêt est relativement stable dans le temps. L'intérêt général est généré en fonction des savoirs préexistants, des expériences antérieures et des émotions personnelles de l'apprenant afin d'établir une valeur à un objet d'intérêt (Potvin et Hasni, 2014). Ce développement est lent et est temporellement persistant (Renninger et Hidi, 2011).

### 2.1.2 L'intérêt situationnel

Dans le présent projet de recherche, nous nous centrerons sur l'étude de l'intérêt situationnel, et ce, pour plusieurs raisons. D'abord, l'intérêt général est dépendant de l'intérêt situationnel, considérant que son développement dépend du maintien de ce dernier dans le temps (Hidi et Renninger, 2006). La recherche démontre également que l'intérêt situationnel est à la base du développement de l'intérêt individuel (Hidi et Harackiewicz, 2000). D'ailleurs, il bonifie l'attention dirigée (McDaniel et coll., 2000) et l'intégration de l'information avec les connaissances antérieures (Kintsch, 1980). L'intérêt individuel affecte positivement l'apprentissage (Renninger et coll., 2002) et l'attention (Renninger et Wozniak, 1985). Il est associé à la persistance, à l'effort (Krapp et Lewalter, 2001), et à la motivation académique (Ainley, 1998).

De plus, bien qu'au cours de leur parcours scolaire, la plupart des apprenants développent de nombreux objets d'intérêt, ils n'atteignent pas systématiquement la quatrième phase de développement du modèle : le nombre d'élèves possédant un intérêt général bien développé pour une discipline scolaire serait donc possiblement assez restreint et difficilement mesurable (Renninger, 2009).

Enfin, bien que les rares études du domaine de la robotique éducative utilisent en majorité le concept de motivation ou d'attitude, il a tout de même été choisi de retenir le concept d'intérêt situationnel. Il est pertinent de rappeler que la question générale de recherche implique l'étude de l'impact au terme d'une tâche en robotique éducative, et non pas les raisons poussant l'individu à s'engager initialement dans la tâche : l'intérêt situationnel est donc un concept plus approprié que la motivation. Les attitudes, tout comme l'intérêt général, varient moins rapidement dans le temps, et nous apparaissent moins adéquates que l'intérêt situationnel pour étudier l'impact d'une tâche restreinte temporellement.

### 2.1.3 Quelques facteurs favorisant le développement de l'intérêt situationnel

Dans la sous-section précédente, nous avons défini l'intérêt situationnel et sa pertinence pour le présent projet. Alors que l'intérêt général peut être favorisé par un sentiment d'identification, le support social, le sentiment de compétence et l'utilité perçue de l'activité (Bergin, 1999), le développement et le maintien de l'intérêt situationnel peuvent être obtenus à l'aide de quelques facteurs.

Afin de favoriser le développement de l'intérêt situationnel, l'adoption d'une approche basée sur la pratique est efficace. Middleton (1995) a montré que les élèves rapportaient une ferme préférence pour les tâches demandant aux apprenants d'interagir physiquement avec le contenu d'apprentissage. Bergin (1999) arrive à des résultats similaires et ajoute que les élèves sont davantage intéressés dans les tâches leur permettant d'être en contact avec d'autres apprenants. Placer l'élève en conflit cognitif est également une façon efficace de favoriser le développement de l'intérêt

(Bergin, 1999). Cette méthode est toutefois moins efficace avec les élèves plus faibles, l'hypothèse étant que ces élèves ne possèdent peut-être pas de conceptions initiales, rendant impossible la formation d'un conflit cognitif (Potvin, Sauriol et Riopel, 2015). Enfin, la nouveauté est un facteur favorisant le développement de l'intérêt situationnel des élèves, mais son effet est toutefois restreint (Bergin, 1999). En effet, la nouveauté n'a pas toujours la même efficacité pour favoriser l'intérêt, et comme l'indique Berlyne (1960), les objets comportant un niveau de nouveauté trop élevé ont tendance à nous laisser indifférents, puisqu'ils apportent également la confusion. Il est toutefois important de noter que, pour maintenir l'intérêt situationnel suite à son émergence, un objet d'apprentissage doit apparaître comme étant intéressant en lui-même à l'apprenant, et non seulement par l'effet nouveauté (Bergin, Ford et Hess, 1993).

#### 2.1.4 L'intérêt à l'égard de la science et la technologie

Au secondaire, les élèves sont en relation avec divers objets d'intérêt potentiels, dont, entre autres, la science et la technologie. Et tel que vu précédemment, l'intérêt situationnel met l'accent sur la relation instantanée d'un apprenant avec un objet d'apprentissage. Krapp et Prenzel (2011) définissent l'intérêt envers la science et la technologie comme l'existence d'un intérêt général envers les thèmes scientifiques et technologiques dont une personne est consciente. Ainsi, plus concrètement, un objet d'apprentissage en science et technologie peut être : une discipline, telle que la physique, la biologie ou la chimie ; un contenu spécifique, tel que la transformation du mouvement ou la vitesse de réaction chimique ; une opération concrète, telle que la manipulation en laboratoire ou la construction d'une boîte de vitesse ; ou encore une activité abstraite, telle que la formulation d'une hypothèse scientifique (Krapp, 2007 ; Krapp et Prenzel, 2011). Dans le même sens, des auteurs (Haussler, 1987 ; Haussler et Hoffmann, 2002) ayant étudié spécifiquement le développement de l'intérêt envers la physique distinguent trois principaux éléments pouvant influencer l'intérêt lors d'une tâche : l'intérêt pour un sujet particulier ; l'intérêt pour le contexte

dans lequel un sujet est présenté ; et l'intérêt pour l'activité dans laquelle l'élève est amené à s'engager.

De ce fait, lorsque nous mesurerons l'impact de la robotique éducative sur l'intérêt en science et technologie, il importera que le sujet, le contexte et l'activité demeurent les plus constants possible entre le groupe contrôle et le groupe expérimental afin d'adéquatement isoler la valeur ajoutée de la robotique éducative.

Dans la prochaine section, nous nous tournons à nouveau vers le domaine de la robotique éducative afin de mieux comprendre ses fondements théoriques, les différentes technologies qu'elle comporte et les approches pédagogiques associées dans l'optique d'orienter l'opérationnalisation du projet avec des objectifs de recherche spécifiques.

## 2.2 La robotique éducative

Nous avons vu dans l'exposé de la problématique que la RE possède un certain potentiel éducatif, notamment pour l'apprentissage de concepts en science et technologie. Afin de sélectionner une tâche expérimentale qui nous permettra de relever la potentielle valeur ajoutée de la robotique éducative sur l'intérêt et la performance en science et technologie, il importe d'en savoir davantage sur son opérationnalisation en salle de classe. Nous débutons ainsi cette exploration en nous penchant sur ses fondements théoriques.

### 2.2.1 Fondements constructivistes

Bien que la robotique éducative puisse être soutenue par plusieurs théories afin d'amener des apprentissages, celle qui demeure la plus fondamentale et qui fut la plus influente au développement de la RE est le constructivisme de Piaget (Eguchi, 2012). Selon cette théorie, l'apprentissage résulte d'un processus d'équilibration où ses schèmes cognitifs sont confrontés à l'environnement via l'accommodation et l'assimilation cognitive : l'élève se construit, à partir des anciens savoirs, de

nouveaux schèmes de pensées en fonction de ses expériences et de ses propres actions (Piaget, 1954).

Ainsi, plusieurs postulats émergent de cette théorie : ce que l'élève pense initialement juste ou incorrect, possède une certaine importance; même en ayant des expériences d'apprentissages similaires, la construction du sens demeure personnelle; la compréhension et l'apprentissage sont des processus continus qui impliquent des changements de schèmes cognitifs; enfin, les élèves doivent être actifs et impliqués dans leurs apprentissages afin d'en réaliser (Driver et Bell, 1985).

Évidemment, puisqu'elle révisé l'épistémologie de l'apprentissage des élèves, le constructivisme amène forcément des implications non négligeables pour le didacticien quant à la conception de contextes d'apprentissage. Les travaux de Hoover (1996) retracent ces considérations d'ordres pratiques quant aux rôles de l'enseignant :

- L'enseignement n'est plus perçu comme la transmission du *Savoir*. L'enseignant échange son titre de savant pour celui de guide : il doit maintenant orienter les élèves vers des opportunités où ils seront amenés à questionner et valider leurs schèmes de pensées.
- L'enseignant relève les schèmes initiaux des élèves afin de leur proposer des activités d'apprentissages cohérentes avec l'inconsistance de leurs conceptions en vue de la faire évoluer jusqu'à la conception visée.
- L'enseignant propose des problèmes qui sont réellement significatifs et engageants pour l'élève.
- Une durée temporelle suffisante et adéquate est nécessaire et doit être prévue de la part de l'enseignant pour permettre à l'élève de construire activement ses nouveaux schèmes de pensées.

### 2.2.2 Fondements constructionistes

C'est Seymour Papert, un élève de Piaget, qui, à partir du constructivisme, développa une théorie renouvelée, le constructionisme, théorie mettant l'accent sur l'apprentissage plutôt que sur l'épistémologie du savoir (Eguchi, 2012). Papert explique :

*Constructionism, the N word as opposed to the V word, shares constructivism's connotation of learning as 'building knowledge structures' irrespective of the circumstances of the learning. It then adds the idea that this happens especially felicitously in a context where the learner is consciously engaged in constructing a public entity, whether it's a sand castle on the beach or a theory of the universe. (Papert, 1991, p. 1).*

L'extension du constructivisme que propose Papert insiste sur l'implication de l'élève dans la construction de ses apprentissages via la création de *quelque chose d'externe* et de *partageable* (Papert, 1991). Cette externalisation des idées, ou encore des émotions, permet une réelle matérialisation qui peut être montrée, comparée et questionnée (Papert, 1993). De plus, cette externalisation permet, vu son processus continu, un apprentissage tangiblement basé, révisé ou reconstruit à partir d'une conception préalablement construite. Enfin, encore selon Papert (1980), certains principes pratiques émergent de cette théorie :

- Les individus sont des apprenants actifs qui contrôlent leur propre processus d'apprentissage.
- Ces apprenants créent des objets tangibles et concrets témoignant de leur propre compréhension.
- Ces objets sont réfléchis individuellement et collectivement.
- Les contextes d'apprentissages ainsi que les problèmes proposés sont authentiques puisqu'ils mettent l'accent sur la résolution de problèmes pratiques.

Au terme de ce double exposé des théories fondamentales de la RE et bien que des distinctions claires en émergent, Ackermann (2001) suggère une certaine complémentarité quant à cette relation peu dyadique. Elle suggère que :

*Beyond the mere play on the words, I think the distinction holds and that integrating both views can enrich our understanding of how people learn and grow. Piaget's constructivism offers a window into what children are interested in and able to achieve, at different stages of their development. Piaget suggests that children have very good reasons not to abandon their worldviews just because someone else, be it an expert, tells them they are wrong. Papert's constructionism, in contrast, focuses more on the art of learning or 'learning to learn' and on the significance of making things in learning. Integrating both perspectives illuminates the processes by which individuals come to make sense of their experience, gradually optimizing their interactions with the world. (Ackermann, 2001, p. 1)*

Il nous importe alors, en vue de notre tâche expérimentale, d'examiner les méthodes et pratiques enseignantes de la RE. Toutefois, les finalités et le potentiel éducatif précis de la RE varie en fonction du type de technologie qui est utilisée, engendrant ainsi un spectre de finalités éducatives et de pratiques assez diverses. De ce fait, afin de situer notre projet de recherche par rapport à ces technologies, la prochaine sous-section traitera des trois principaux types de technologie qui sont fréquemment utilisés en RE, afin de, d'ores et déjà, circonscrire notre projet à une seule de ces technologies.

### 2.2.3 Types de technologie et finalités éducatives

Comme nous l'avons vu dans l'exposé de la problématique, la RE est considérée comme une TIC possédant un double statut : la RE peut être abordé en tant qu'objet et en tant qu'outil éducatif (Ionita & Ionita, 2007). Ainsi, la RE propose une souplesse sur le plan de ses modalités d'apprentissage (Tejada et coll., 2006) ; il devient possible de créer des apprentissages «au sujet de» la robotique, «avec» la robotique et «par» la robotique.

Toutefois, le potentiel éducatif précis de la RE varie en fonction du type de technologie qui est utilisée, engendrant un spectre large de finalités éducatives et de bénéfices concrets tant pour l'enseignant que pour l'élève. En effet, vu le caractère tant mécanique qu'électronique du robot, la RE a évolué de différentes manières selon ces deux axes, créant ainsi différents types de technologie éducative. Ces technologies se différencient par leur système ordinateur-robot et par leur degré de contrôle, défini par la programmabilité et l'interaction (Gaudiello et coll., 2012). Dans cette sous-section, nous couvrirons succinctement les finalités éducatives des trois principaux types couramment employés en RE : l'humanoïde et l'animat, le logiciel de simulation de robotique ainsi que le kit robotique.

L'humanoïde (robot comportant une physionomie humaine) et l'animat (robot comportant une physionomie animale) sont principalement caractérisés par le *design* matériel qui les constitue, par leur aspect physique. Ce type de technologie comporte un niveau d'interaction fort, puisque l'élève obtient, suite à ses comportements, des rétroactions multiples et rapides; mais une programmabilité par l'utilisateur faible (Kynigos, 2008) puisqu'ils sont généralement préfabriqués et préprogrammés par le fabricant. Principalement axée sur la physionomie du robot, cette technologie a pour finalité éducative de générer de l'empathie et des interactions cognitives afin de créer ou de favoriser l'apprentissage (Chang et coll., 2010). Elle est donc principalement utilisée pour l'apprentissage « par » ou « avec » la robotique.

Par exemple, les travaux quasi expérimentaux utilisant cette technologie de Chang et coll. (2010) et de Kerepesia et coll. (2006) ont respectivement démontré qu'un élève peut apprendre une langue étrangère en interagissant avec un robot accompagnateur qui en sait plus que lui, ou encore, qu'un élève peut parfaire ses apprentissages en langue étrangère à l'aide d'un robot qui en sait autant que lui.

Le logiciel de simulation, quant à lui, est une technologie principalement liée à l'ordinateur où le robot adopte un rôle plus ou moins facultatif. L'interactivité est peu

présente, puisque l'accent est essentiellement porté sur la programmabilité (Gaudiello et Zibetti, 2013). Le logiciel permet à l'élève de programmer des dessins et/ou des déplacements de robots virtuels à l'écran. La finalité est, dans ce cas, limitée à l'enseignement particulier « de » la programmation ou de disciplines connexes, telles que les mathématiques (Gaudiello et Zibetti, 2013).

Les travaux fondateurs en la matière de Resnick et coll. (2009) où l'utilisation d'un logiciel de simulation est justement utilisé pour introduire les principes de base du langage mathématique et de programmation avec des élèves au primaire mesure une augmentation marquée des savoirs suite à son utilisation. L'utilisation de ce genre de technologie, où un langage de programmation graphique allégé est utilisé, gagne actuellement en popularité puisqu'elle permet l'apprentissage du codage avec des élèves très jeunes (Brown et coll., 2014).

Enfin, le kit robotique intègre les deux types de technologie précédentes, le rendant ainsi hautement programmable et interactif (Gaudiello et Zibetti, 2012) : c'est à l'aide d'un ensemble de pièces permettant une construction rapide et intuitive que l'élève est amené à donner une forme à son robot, pour ensuite lui inculquer un comportement par la programmation via un ordinateur ou une brique intelligente. Le kit robotique permet ainsi un large éventail d'activités éducatives vu qu'il est utilisé tant comme objet que comme outil, permettant des apprentissages « au sujet de » et « par » la robotique (Gaudiello et Zibetti, 2013). Il s'agit d'un dispositif technologique permettant une alternative évidente au cours magistraux et aux activités de laboratoire traditionnel où l'apprenant, à l'aide d'un ordinateur connecté au monde physique et en capitalisant sur son goût pour le concret, évolue selon un processus pédagogique de résolution de problème systématique et où une manipulation directe des données numériques est possible (Nonnon, 2002).

Il est important de noter que plusieurs des bénéfices connus de la robotique éducative proviennent en fait d'études ayant utilisées le kit robotique, considérant qu'il s'agit de

la technologie la plus populaire et versatile (Gaudiello et Zibetti, 2013). Ainsi, tout comme la RE en général, le kit permet de créer des apprentissages dans des disciplines tant intrinsèquement qu'extrinsèquement liées à la robotique, de développer des compétences et de générer de la motivation (Eguchi, 2010 ; Benitti, 2012). Le kit permet un large éventail d'activités pédagogiques avec les élèves, tel que la construction et la programmation d'un bras manipulateur jouant de la guitare, d'une trieuse de pièce de monnaie ou encore d'une serre autorégulée (Leroux, 2009 ; Sauvé, 2009). Ces activités peuvent être très encadrées par un cahier de charge comme elles peuvent être ouvertes et simplement contextualisées avec une problématique à résoudre (Leroux, 2009)

Par conséquent, c'est pour ces raisons que le kit robotique est le plus considéré par les chercheurs et les enseignants (Benitti, 2012), et qui sera, dans notre cas, utilisé dans le cadre de ce projet de recherche. La prochaine sous-section traite spécifiquement des bénéfices connus du kit robotique par la littérature en termes de développement de motivation/attitude/intérêt et de création d'apprentissages en science et technologie.

#### 2.2.4 Bénéfices connus du kit robotique en science et technologie

Dans un premier temps, à notre connaissance, très peu d'études utilisant le kit robotique ne s'est intéressée au développement de soit la motivation, d'attitude ou de l'intérêt de l'élève au primaire ou au secondaire spécifiquement pour la science et la technologie.

L'étude de Hussain et coll. (2006) aborde toutefois l'attitude de 322 élèves de 12 à 16 ans envers le matériel de robotique dans un contexte d'apprentissage en mathématiques avec le kit robotique. Aucune différence significative au niveau de l'attitude n'est observée entre le pré et le post-test suite à des activités de robotique de 2 heures par semaine pour une durée de 12 mois. Les activités de robotique réalisées durant l'année ne sont pas décrites dans l'étude de Hussain et coll. (2006). Les

auteurs expliquaient cette absence de gain par le fait que les éducateurs qui animaient les activités n'étaient pas suffisamment formés.

L'étude comparative de Nugent et coll. (2009), comportant un groupe contrôle, obtient un faible gain positif en termes d'attitude et de motivation envers la science, la technologie, l'ingénierie et les mathématiques (STIM). En effet, les 288 élèves du groupe expérimental se sont auto-rapportés comme étant plus intéressés envers les STIM que leurs compagnons de la condition contrôle. Il est toutefois important de souligner que l'intervention constituait en une semaine intensive (40h) en camp de vacances où l'utilisation du kit robotique était couplée avec un système de géolocalisation (GPS), tandis que la condition contrôle était une semaine dans un camp de vacances traditionnel. Il n'est pas spécifié si les élèves choisissaient eux-mêmes la condition qu'il désirait. De plus, les activités précises effectuées dans les deux conditions ne sont pas décrites. Ces auteurs ont également mesuré une petite différence positive entre le pré et le post-test pour le groupe expérimental dans un test conceptuel en STIM. Les auteurs ne divulgent toutefois pas de résultats du groupe contrôle pour la performance. Aucune analyse ne fut réalisée afin de comparer les résultats en post-test entre les deux conditions pour la performance, possiblement dus au fait qu'aucune différence ne fut statistiquement obtenue.

L'étude de Whittier et Robinson (2007) stipule qu'il est possible de générer des apprentissages en science et technologie avec le kit robotique. En effet, les auteurs mentionnent des gains positifs lors d'une activité d'apprentissage en biologie, plus précisément sur le concept de l'évolution. Ainsi, les 29 élèves en 1<sup>re</sup> et 2<sup>e</sup> année du primaire ont suivi un seul cours où ils étaient évalués au début et à la fin de la période : les résultats au post-test sont supérieurs. Toutefois, aucune analyse statistique ne fut réalisée : seulement les moyennes furent discutées. Aucun groupe contrôle ne fut utilisé. Aussi, l'intervention effectuée durant le cours n'est pas précisément décrite.

Williams et coll. (2007) obtiennent également des résultats positifs en termes d'apprentissage en physique. Les 21 élèves de la 6<sup>e</sup> année à la 8<sup>e</sup> année ont suivi un camp d'été en robotique qui visait l'apprentissage des trois lois de Newton. Ainsi, un fort gain fut statistiquement observé à un même test passé au début et à la fin du camp. Les activités effectuées avec le kit robotique ne sont toutefois pas décrites et aucun groupe contrôle ne fut utilisé.

#### 2.2.4.1 Lacunes en recherche quant au croisement entre le kit robotique et l'enseignement de la science et la technologie

Tel qu'énoncé à la section 1.4, ce projet cherche à répondre à certaines limites scientifiques propres au domaine de la robotique éducative qui ont été partiellement abordés au premier chapitre. Suite à la sous-section précédente, nous estimons qu'il est possible de préciser l'apport de notre projet au niveau scientifique.

D'abord, bien que la RE est souvent décrite, tant par des auteurs fondateurs (Papert, 1993) que par des auteurs plus récents (Eguchi, 2010 ; Benitti, 2012), comme étant théoriquement une technologie motivante pour les élèves, peu d'études ont validé empiriquement ces bénéfices sur la motivation, les attitudes et l'intérêt qu'elle génère auprès des élèves. Bien que quelques études (Hussain et coll., 2006 ; Nuget et coll., 2009) mènent à des résultats encourageants en termes de développement positif de la motivation et d'attitudes, aucune étude ne s'attarde spécifiquement sur le concept d'intérêt. Notre recherche s'inscrit dans cette perspective d'identification du potentiel de la RE afin de rehausser l'intérêt envers la science et la technologie.

Ensuite, nous estimons que les observations et commentaires de Gaudiello et Zibetti (2013) sur le champ de la RE en général décrits à la section 1.2.4.1 s'appliquent à celui du kit robotique pour favoriser l'enseignement des STIM. Les auteures expliquaient que : peu d'études relèvent empiriquement les bénéfices du kit robotique jusqu'à maintenant ; peu d'études décrivent clairement les tâches expérimentales ou même les approches adoptées ; enfin, que l'adoption de devis

comparatif permettrait de mieux cerner la valeur ajoutée du kit robotique à un enseignement «traditionnel». Aussi, Gaudiello et Zibetti (2015) surenchérisaient sur le fait que la plupart de la littérature sur l'utilisation de la robotique dans un contexte éducatif est descriptive ou anecdotique, basée sur des rapports d'enseignants et que les études scientifiques basées sur des designs expérimentaux rigoureux, sont assez rares, voire inexistantes.

Notre projet de recherche vise donc à mieux comprendre la valeur ajoutée que propose le kit robotique en contexte d'enseignement de la S&T via l'adoption d'un devis comparatif où l'approche privilégiée sera clairement énoncée et où la tâche expérimentale sera le plus clairement décrite afin de nuancer les résultats obtenus à la lumière du contexte dans lequel ils ont été collectés.

À ce titre, dans la prochaine sous-section, nous aborderons les différentes approches et scénarisations pédagogiques liées à l'utilisation du kit robotique en vue d'en sélectionner une afin d'adéquatement intégrer la RE à la salle de classe.

### 2.2.5 Approches pédagogiques liées au kit robotique

Tel que mentionné précédemment dans la problématique, même si la robotique éducative possède un fort potentiel pour favoriser l'enseignement et créer de nouveaux apprentissages, ses bénéfices ne sont pas garantis par la simple utilisation du kit robotique (Benitti, 2012). À ce titre, Benitti (2012) identifiait certaines conditions d'utilisation afin de maximiser les chances d'obtenir des bénéfices. Notamment la façon dont les activités en robotique se rapportent au contenu de la leçon (Nugent et coll., 2008), le fait que la tâche proposée soit réaliste et pertinente pour l'élève (Lindh et Holgersson, 2007), ainsi que la combinaison du type de technologie avec une approche pédagogique spécifique (Sullivan, 2008).

Ainsi, dans cette sous-section, nous nous concentrons précisément sur le fait que l'approche pédagogique est un facteur clé du succès du kit robotique. Comme

plusieurs études l'ont déjà souligné, une technologie en elle-même ne peut pas améliorer automatiquement la qualité de l'enseignement et de l'apprentissage seulement par son utilisation ; cette utilisation doit être «orchestrée» (Trouche, 2005) ou «apprivoisée» (Charlier et Péraya, 2002) par une approche pédagogique appropriée afin de permettre, d'une part, une transmission d'un contenu à travers une technologie et, d'autre part, une intégration appropriée de cette technologie à l'enseignement en tant qu'outil pédagogique.

Tel que mentionné précédemment, il existe une relation dyadique entre technologie et éducation : les innovations technologiques mènent souvent à des innovations éducatives, et vice-versa (Martin et coll., 2000). Ces innovations technologiques sont donc généralement jointes à un assemblage de théories qui guide leur pratique. Dans notre cas, le couplage théorique tant constructivisme que constructionisme au kit robotique offre une certaine souplesse didactique qui s'est déclinée par un spectre assez varié des pratiques enseignantes. C'est dès le début des années 80 que Papert reconnaît le potentiel éducatif du kit robotique avec sa maxime *low floor* (accessible), *high ceiling* (complexifiable) *and wide walls* (déclinable) : ce dispositif permet, d'abord, une approche intuitive et simple de la robotique; qui peut, par la suite, être grandement complexifiée; et qui peut également se décliner selon la motivation et les différents intérêts des élèves (Papert, 1981). Ce couplage légitimise ainsi la multitude d'approches et scénarisations pédagogiques spécifiques que l'on retrouve en kit robotique : l'apprentissage par design, la pédagogie de projet, l'apprentissage par projet, l'apprentissage par la pratique et la compétition guidée par un objectif (Spolaor et Benitti, 2017).

Dans le cadre de notre projet, il importe de relever ces différentes pratiques et leurs retombées en vue d'intégrer adéquatement le kit robotique à une tâche expérimentale qui pourra se décliner en groupe contrôle et en groupe expérimental. Toutefois, l'étude et la documentation des approches pédagogiques en kit robotique (et même en

robotique éducative en général) est un domaine d'investigation scientifique récent qui est en transition de «l'utilisation de la technologie» à «l'intégration pédagogie de la technologie» (Alimisis, 2013).

Mais comme le mentionnent Gaudiello et Zibetti (2013), le manque d'études possédant des descriptions détaillées des protocoles expérimentaux utilisés en kit robotique nous restreint quant à notre intention de dresser un portrait global de ces pratiques en fonction de leurs différentes retombées auprès des élèves du primaire ou du secondaire. Par le fait même, nous sommes limité dans l'adopter d'une de ces approches de manière critique et éclairée.

Nous nous tournons vers les récents travaux de Spolaor et Benitti (2017) qui abordent les bénéfices pour l'apprenant en fonction des différentes approches en kit robotique. Cette revue de la littérature fut effectuée afin de répondre directement aux recommandations de Gaudiello et Zibetti (2015). Ces travaux furent toutefois menés dans un contexte d'éducation supérieure niché dans l'apprentissage spécifique de la programmation. Ainsi, bien que la clientèle et le sujet d'apprentissage soient différents du présent projet de recherche, ces travaux demeurent très éclairants quant aux bénéfices par rapport aux méthodes d'intégration du kit robotique à une salle de classe.

Au terme de leur revue de la littérature, Spolaor et Benitti (2017) arrivent à la conclusion que l'apprentissage par projet, l'apprentissage par problème et l'apprentissage par la pratique sont les trois méthodes les plus utilisées en kit robotique et qu'elles apportent des bénéfices notables pour les apprenants, notamment sur l'apprentissage.

Bien que les auteurs ne fournissent pas les critères de classification utilisés pour catégoriser les différents articles dans ces trois approches, ils décrivent tout de même le genre d'activités qui fut réalisé avec le kit robotique.

L'apprentissage par projet avec le kit robotique propose d'engager les apprenants dans des activités contextualisées d'enquête et de découverte via la construction et la programmation de robots (Spolaor et Benitti, 2017). Cette méthode s'est avérée hautement efficace pour augmenter la motivation des étudiants gradués en programmation (Jou et coll., 2010) et pour rendre actifs les étudiants dans leur apprentissage de la programmation par rapport à un enseignement magistral plus traditionnel en milieu universitaire (Behrens et coll., 2010).

L'apprentissage par problème s'organise autour de l'investigation et la résolution de problèmes du monde réel via la construction et la programmation de robots (Spolaor et Benitti, 2017). Cette approche aurait un impact important sur la motivation des étudiants en programmation (Sakata et Olguin, 2011). Cette approche concorde avec les expériences antérieures basées sur l'apprentissage par problème en RE : elle permettrait une influence positive sur la compréhension conceptuelle des apprenants (Sahin, 2010).

L'apprentissage par la pratique vise directement la programmation et la construction de robots; peu d'attention est portée à la contextualisation qui est effectuée par création d'un projet ou par la résolution d'un problème (Spolaor et Benitti, 2017). Selon cette approche, le simple fait d'utiliser le dispositif concret qu'est le robot aide les étudiants dans la construction de leurs connaissances (Bertacchini et coll., 2010). Les travaux de Pasztor et coll. (2010) vont en ce sens, puisqu'ils ont enregistré une amélioration significative en gain conceptuel par rapport à une méthode magistrale traditionnelle de l'enseignement de la programmation.

Enfin, Spolaor et Benitti (2017) expliquent que l'apprentissage par projet et l'apprentissage par problème sont toutefois des méthodes chronophages qui nécessitent un réaménagement pédagogique important; tandis qu'à l'inverse, l'apprentissage par la pratique s'intègre facilement à une séquence didactique existante et s'avère par le fait même moins chronophage.

### 2.2.5.1 Des contraintes provenant du milieu de la pratique

Le milieu de la pratique en science et technologie au Québec comporte toutefois certaines contraintes que nous devons prendre en compte en vue de la conception d'une méthodologie cohérente avec la réalité enseignante.

Le Conseil supérieur de l'éducation (2013) identifiait plusieurs de ces contraintes dans leur plus récent rapport. Ainsi, tant pour le primaire que pour le secondaire, la contrainte la plus reconnue par les enseignants à l'enseignement de la science et la technologie est le manque de temps en salle de classe pour réaliser des apprentissages (Conseil supérieur de l'éducation, 2013). Ce manque de temps serait principalement dû à un cursus trop chargé. Il aurait également un impact négatif sur le renouvellement pédagogique des enseignements, sur leur formation continue et sur le développement d'activité interdisciplinaire (Conseil supérieur de l'éducation, 2013).

De plus, considérant que la robotique, les technologies et l'informatique ne sont pas incluses Programme de formation de l'école québécoise (PFEQ) à titre de discipline (Ministère de l'Éducation, 2006) et considérant que la réalisation de liens entre les matières lors d'une activité interdisciplinaire nécessite du temps (Hasni, Bousadra et Poulin, 2012), l'ajout du kit robotique à la salle de classe en science et technologie représentera une «surcharge» de travail au niveau curriculaire.

Mais comme le rappelle Alimisis (2013), l'objectif de la robotique éducative ne vise pas simplement l'utilisation du robot en contexte éducatif, mais l'alignement de cette technologie avec une méthode adéquate afin de servir l'enseignement d'un curriculum. Ainsi, considérant nos ressources temporelles limitées en salle de classe; considérant que l'apprentissage pratique peut s'intégrer facilement au sein de courte période d'enseignement; considérant également que l'apprentissage pratique notamment été identifié comme étant un facteur pouvant rehausser l'intérêt des jeunes envers la science et la technologie par la revue de la littérature systématique de Potvin

et Hasni (2014) ; nous considérons l'apprentissage pratique dans le cadre de ce projet afin d'opérationnaliser le kit robotique en salle de classe. Nous rappelons que l'apprentissage par la pratique, selon Spolaor et Benitti (2017), vise directement la construction et la programmation de robots où peu d'attention est portée à la contextualisation qui est effectuée par la création d'un projet ou par la résolution d'un problème.

### 2.3 Objectifs spécifiques et hypothèses de recherche

Au terme du premier chapitre, la question de recherche suivante fut posée :

**Quel est l'impact de l'utilisation de la robotique éducative sur l'intérêt et l'apprentissage des élèves en science et technologie?**

Dans ce deuxième chapitre, nous avons précisé le concept d'intérêt en adoptant le modèle de Hidi et Renninger (2002) et en ciblant précisément le concept d'intérêt situationnel et les facteurs le favorisant en plus de comprendre son interaction avec la science et la technologie. Nous nous sommes alors tournés à nouveau vers le domaine de la robotique éducative afin de mieux comprendre ses fondements théoriques ainsi que les 3 types de technologies qui sont présentement utilisés dans les classes du primaire et du secondaire, leur potentiel théorique respectif ainsi que leurs bénéfices connus par la littérature. Considérant les avantages notables du kit robotique, notamment en science et technologie, nous avons choisi ce type de technologie. Nous nous sommes ensuite attardés aux études explorant l'apprentissage de la science et de la technologie via le kit robotique et nous avons, au passage, relevé un manque de connaissance de son potentiel envers l'apprentissage de la chimie. Nous nous sommes alors intéressés sur les approches pédagogiques du kit robotique. Aussi, à la lumière des recommandations d'auteurs (Gaudiello et Zibetti, 2013, 2015), nous adopterons un devis comparatif afin d'évaluer précisément les bénéfices de la RE. Enfin, pour certaines contraintes du domaine de la pratique de l'enseignement de la science et la technologie, nous nous tournons vers l'utilisation du kit robotique via l'apprentissage

par la pratique considérant le potentiel de cette approche, mais surtout, la simplicité de son intégration à la salle de classe. Ainsi, les objectifs spécifiques de recherche émergents de notre cadre théorique sont :

**OS1. Comparer l'impact du kit robotique selon une approche d'apprentissage par la pratique sur l'intérêt situationnel de l'élève durant une tâche en science et technologie par rapport à une même tâche sans l'utilisation du kit.**

**OS2. Comparer l'impact du kit robotique selon une approche d'apprentissage par la pratique sur l'apprentissage de l'élève durant une tâche en science et technologie par rapport à une même tâche sans l'utilisation du kit.**

À ces objectifs spécifiques sont associées respectivement les hypothèses suivantes :

**H1. Une tâche en science et technologie comportant l'utilisation du kit robotique selon une approche d'apprentissage par la pratique engendrera un plus grand intérêt situationnel chez l'élève qu'une tâche sans l'utilisation de la robotique.**

**H2. Une tâche en science et technologie comportant l'utilisation du kit robotique selon une approche d'apprentissage par la pratique engendrera un plus grand apprentissage chez l'élève qu'une tâche sans l'utilisation de la robotique.**

## CHAPITRE III

### MÉTHODOLOGIE

Ce chapitre présente la méthodologie élaborée pour comparer l'intérêt et l'apprentissage d'élèves réalisant une tâche en science et technologie avec et sans l'utilisation du kit robotique via l'apprentissage pratique. Dans un premier temps, l'échantillon constitué pour la recherche est présenté, suivi du devis méthodologique adopté, de la tâche expérimentale développée et des instruments de collectes de données. Le chapitre se conclut par les considérations relatives aux limites et aux biais méthodologiques ainsi qu'au respect des normes éthiques.

#### 3.1 Échantillon

L'échantillon constitué pour la recherche a été déterminé par la méthode de l'échantillonnage de convenance. Cette méthode est utilisée lorsque les critères de faisabilité de la recherche ne permettent pas de constituer un autre type d'échantillon (Gaudreau, 2011), ce qui était notre cas considérant les nombreuses contraintes logistiques rencontrées qui seront décrites dans les prochaines sous-sections.

##### 3.1.1 Processus de recrutement

Tel que démontré dans la problématique à la section 1.2.5 et résumé au tableau 1.1, certains facteurs doivent être présents afin d'optimiser les chances que la RE apporte un effet positif auprès des élèves. Des ces nombreux facteurs, deux nous apparaissaient importants à prendre en compte très tôt dans la conception de notre méthodologie : le personnel enseignant en science et technologie devait être adéquatement formé en RE afin d'être en mesure d'utiliser le kit robotique ; et le matériel de robotique doit être en quantité suffisante afin que les élèves soient placés

au maximum en équipe de 2. Il nous apparaissait aussi important de réaliser notre collecte de données au sein d'un même établissement et d'un même niveau scolaire afin de s'assurer que les élèves soient le plus homogènes possible en termes de condition d'apprentissage, de parcours scolaire et de savoirs initiaux.

Des invitations ont donc été lancées aux établissements scolaires primaires et secondaires, tant publics que privés, qui remplissaient ces conditions à notre connaissance. Les enseignants des quelques écoles ayant répondu par un intérêt à participer au présent projet de recherche ont, par la suite, été approchés. Une école secondaire privée a été retenue puisqu'elle disposait du matériel nécessaire ainsi que d'un personnel adéquatement formé et suffisamment nombreux au sein d'un même niveau scolaire afin d'assurer une certaine force statistique. Les enseignants de chimie en secondaire 5 de cette école étaient les plus nombreux et intéressés à intégrer le kit robotique à leur pratique ; la sélection des sujets s'est donc poursuivie au sein des groupes de ces enseignants.

### 3.1.2 Sélection des sujets

Les participants ont été recrutés dans les classes d'enseignants volontaires en 5<sup>e</sup> année du secondaire inscrit en chimie d'une même école secondaire : il s'agit d'un établissement privé disposant de suffisamment de kits robotiques LEGO Mindstorm EV3 ; d'un personnel enseignant adéquatement formé ; et disposant également d'une cohorte d'élèves suffisamment nombreuse afin d'obtenir le nombre de cas requis à la réalisation de chacune des analyses statistiques envisagées, soit une taille approximative fixée à 200 élèves (Tabachnik et Fidell, 2007).

Afin de limiter l'effet de l'enseignant, il était important que les enseignants participants disposent d'un minimum de deux groupes afin qu'ils puissent réaliser au moins une fois chacune des deux conditions avec leurs groupes. Les conditions des classes étaient par la suite attribuées aléatoirement. Aucun critère en termes d'âge ne fut appliqué considérant qu'il est démontré que même lors de la dernière année

d'études collégiales, les élèves peuvent amorcer le développement d'un intérêt individuel soutenu à l'égard d'une discipline pour laquelle ils n'avaient auparavant qu'un intérêt très faible (Sanson, Weir, Harpster et Morgan, 1992). L'important était plutôt que les élèves aient suivi le même parcours scolaire en termes d'apprentissage des concepts relatifs à la chimie afin de contrôler les savoirs initiaux.

Ainsi, les critères de sélection de l'échantillon étaient les suivants :

- Être inscrit en 5<sup>e</sup> année du secondaire ;
- Être inscrit en chimie ;
- Être dans la classe d'un enseignant volontaire et qui dispose d'au moins deux groupes.

Tous les élèves répondant à ces critères ont été invités à participer au projet de recherche. Afin d'intégrer une perspective intersectorielle, le bassin de recrutement favorisait la participation des filles et des garçons, indépendamment de leur origine ou de leur milieu socioéconomique.

### 3.1.3 Caractéristiques de l'échantillon

Au terme de la collecte de données, 10 classes en chimie de secondaire 5 provenant de 3 enseignants ont accueilli le projet. De ces classes, 225 élèves ont participé au projet : 118 dans la condition expérimentale et 107 dans la condition contrôle.

**Tableau 3.1** Statistiques descriptives de l'échantillon

	Condition contrôle	Condition expérimentale
Nombre	107	118
Âge moyen	15,83 ans	15,76 ans
Sexe	52% fille et 48% garçons	57% fille et 43% garçons

Bien que les élèves ont suivi le même parcours d'apprentissage en chimie durant l'année scolaire en cours, il nous apparaissait important de contrôler l'apprentissage

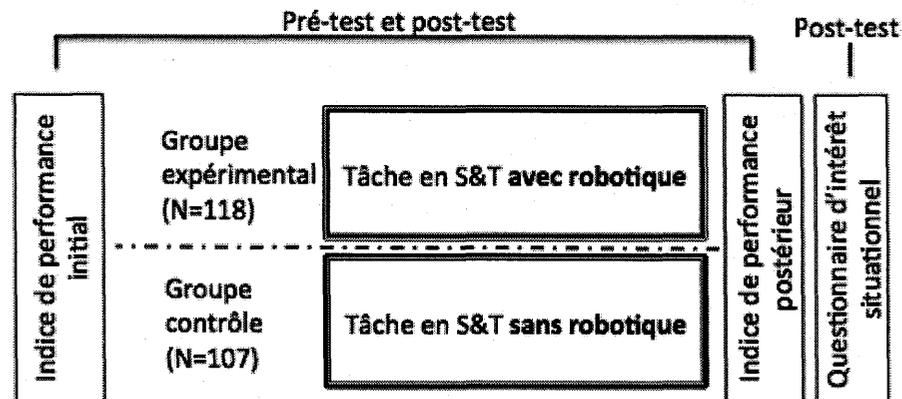
initial entre les deux conditions. Pour ce faire, l'indice de performance à la dernière étape complétée par les élèves en chimie a été utilisé comme mesure de l'apprentissage. Ces données de performance se sont avérées paramétriques selon les 6 postulats de base associé à la réalisation d'un test-t (Field, 2009). Ainsi, un test-t à échantillon indépendant pour la performance initiale en chimie entre les deux conditions démontre qu'il n'existe initialement pas de différence significative entre la condition expérimentale ( $M=71.12$ ,  $SD = 14.52$ ) et la condition contrôle ( $M=74.89$ ,  $SD = 14.34$ ) ( $t(223)=1.110$ ,  $p=0.268$ ).

Finalement, afin de limiter l'effet de l'enseignant, chaque enseignant participant donnait au moins une fois chaque condition : l'enseignant 1 a administré une fois la condition contrôle et deux fois la condition expérimentale ; l'enseignant 2 a administré deux fois la condition contrôle et une fois la condition expérimentale ; et l'enseignant 3 a administré deux fois chaque condition.

### 3.2 Devis méthodologique

Afin de répondre aux objectifs spécifiques émergents du cadre théorique qui visent la mesure de la valeur ajoutée du kit robotique via l'apprentissage pratique en termes d'intérêt et d'apprentissage en science et technologie, il importait d'adopter un devis méthodologique comparatif avec un groupe contrôle. Considérant que l'attribution des conditions était aléatoire, il s'agit d'un devis expérimental (Gaudreau, 2011). La figure 3.1 illustre le devis adopté pour le projet de recherche, composé à la fois d'un design à comparaison statique de groupes (comportant seulement un post test) pour l'intérêt et d'un design à pré et post-tests avec un groupe contrôle (Campbell et Stanley, 1966) pour l'apprentissage.

**Figure 3.1** Présentation du devis méthodologique



Notre devis mélange deux designs puisque nous ne contrôlons pas les différences individuelles des participants pour l'intérêt situationnel, considérant que nous n'avons pas de pré-test. Il était, en effet, difficile de contrôler l'intérêt situationnel des participants envers la science et la technologie considérant que celui-ci varie grandement dans le temps et qu'il est directement lié à une situation (Hidi et Renninger, 2006). Certaines études contrôlent toutefois l'intérêt situationnel préalable envers une discipline via la mesure de l'intérêt général (Bruyère, 2016). Toutefois, bien que l'intérêt situationnel mène à l'intérêt général, il s'agit de deux concepts distincts (Hidi et Renninger, 2006). Ainsi, il est théoriquement possible qu'un intérêt situationnel positif ne mène pas toujours à un intérêt général, comme il est, à l'inverse, également possible qu'un intérêt général positif envers une discipline ne justifie pas toujours un intérêt situationnel positif dépendamment des activités réalisées dans cette même discipline (Hidi et Renninger, 2006). Les travaux expérimentaux de Sanson, Weir, Harpster et Morgan (1992) concernant l'intérêt situationnel et général vont également en ce sens. Pour ces raisons, aucun moyen de contrôle n'a été adopté.

Pour l'apprentissage, il s'agit d'un design expérimental classique de pré et post tests où la performance initiale en chimie est contrôlée par le résultat obtenu à l'étape précédente en chimie, tel que démontré à la sous-section précédente.

Ainsi, afin d'atteindre nos deux objectifs spécifiques de recherche, des données quantitatives ont été collectées à partir de deux sources distinctes : un questionnaire d'intérêt situationnel ainsi que la correction du cahier de l'élève rempli durant la tâche en chimie. Avant de décrire ces instruments de collecte, il nous importe de présenter la tâche expérimentale développée, soit un laboratoire en chimie.

### 3.3 Tâche expérimentale : un laboratoire de chimie

Afin de répondre aux objectifs spécifiques, nous devons adopter une tâche expérimentale permettant de comparer l'intérêt et l'apprentissage des élèves durant une tâche en science et technologie.

Considérant que l'échantillon s'est constitué avec les élèves des enseignants de secondaire 5 en chimie de l'école secondaire retenue, nous devons adopter une tâche en chimie. Comme nous l'avons vu à la section 2.2.4, certains bénéfices sont observés en science et technologie, notamment en technologie en général, en physique et en biologie. Toutefois, à notre connaissance, encore aucune étude ne s'est intéressée précisément à l'enseignement de la chimie par l'utilisation de la RE. À ce titre, la très récente revue de la littérature systématique de Benitti et Spolaor (2017) s'intéressant précisément à l'enseignement des STIM via l'utilisation de la RE a relevé 60 articles où le kit robotique était utilisé. De ces articles, plusieurs abordaient l'apprentissage de la physique, des mathématiques et de la technologie. Toutefois, aucun concept enseigné via l'utilisation de la RE n'abordait la chimie. Ce manque de savoir en chimie est possiblement dû au fait que l'intégration de matériel robotique permettant des liens aisés avec le monde physique soit plus difficile dans l'étude du monde moléculaire comme le fait la chimie. Notre projet permettra donc

d'investiguer pour une première fois les effets de la RE dans un contexte d'enseignement de la chimie.

Ainsi, nous avons été contraints de développer notre propre tâche en chimie afin d'investiguer la valeur ajoutée du kit robotique en contexte d'enseignement de la science et de la technologie. Cette tâche prend la forme d'un laboratoire de chimie portant sur le concept de la vitesse de réaction entre le magnésium et l'acide chloridrique.

Afin d'évaluer l'effet de la RE sur l'apprentissage, il était nécessaire de mesurer l'apprentissage d'un concept qui n'avait jamais été vu par l'élève et qui s'intégrait naturellement dans son développement curriculaire afin de contrôler pour les savoirs initiaux. Ainsi, nous avons développé expressément pour ce projet une tâche qui s'intégrait dans le processus traditionnel de l'élève. Considérant que la collecte de données était prévue avec des élèves de secondaire 5 en fin d'année, nous avons développé une tâche sur la vitesse de réaction, un concept prescrit du Programme de Formation de l'École Québécoise en science et technologie (Ministère de l'Éducation, 2006) couvert à la fin du parcours du secondaire. La vitesse de réaction peut être enseignée de manière magistrale ou pratique ; il est possible d'enseigner à l'aide d'un exposé magistral classique le concept de vitesse de réaction, comme il est possible d'effectuer un laboratoire pratique sur ce concept. Considérant que nous utilisons le kit robotique via l'apprentissage par la pratique, nous choisissons d'aborder ce concept sous forme de laboratoire, afin que l'approche utilisée par le groupe contrôle soit similaire au groupe expérimental et de mieux isoler l'effet de la RE. Ce choix permet donc de contrôler le fait que l'apprentissage pratique, en général, permet de stimuler l'intérêt de l'élève en science et technologie (Potvin et Hasni, 2014) tel qu'expliqué à la section 1.1.4.

Ensuite, comme il a été vu dans le cadre théorique à la section 2.1.4, il est nécessaire de contrôler entre les deux conditions les sources influençant l'intérêt au sein même

de la tâche pour isoler l'effet de la RE. Ainsi le sujet, le contexte et l'activité doivent, dans la mesure du possible, demeurer équivalents. Pour ces raisons, nous avons décidé d'introduire le kit robotique en substituant seulement les outils de collecte de données qu'utilise l'élève. De la sorte, le sujet est le même, soit la vitesse de réaction ; le contexte est le même, soit un laboratoire de chimie ; et l'activité est essentiellement la même, considérant que la majorité des manipulations et des calculs sont identiques. Ce sont seulement la collecte et la gestion des données durant le laboratoire qui diffèrent entre les deux conditions. Ainsi, pour la condition contrôle, les élèves doivent compléter un laboratoire visant la mesure de la vitesse de réaction d'un métal avec un acide en utilisant un chronomètre traditionnel. Ils consignent manuellement leurs résultats et génèrent leur graphique en utilisant un ordinateur. Pour la condition expérimentale, les élèves doivent construire et programmer leur propre chronomètre en utilisant le matériel du kit robotique. Ils doivent ensuite exporter les résultats compilés sur leur microprocesseur à un ordinateur afin de générer leur graphique de la vitesse de réaction. L'ensemble des consignes, des manipulations, des calculs et des résultats des élèves sont consignés dans un cahier de l'élève : le cahier de l'élève de la condition contrôle se trouve en appendice A et celui de la condition expérimentale en appendice B. Une description plus détaillée de la tâche se trouve à la sous-section suivante.

Aussi, afin de comparer l'effet du kit robotique, il était important que les deux conditions soient équivalentes en termes de temps, notamment puisqu'il s'agit d'une contrainte majeure à l'enseignement de la science et de la technologie (Conseil de l'éducation supérieur, 2013). Ainsi, les deux laboratoires s'effectuent en une période de 75 minutes.

Enfin, l'ensemble des critères maximisant les gains en robotique éducative identifiés par la littérature et synthétisé au tableau 1.1 ont été pris en compte, tel que démontré au tableau 3.1 ci-dessous.

**Tableau 3.2** Considérations des facteurs importants connus de la littérature afin de maximiser l'effet de la robotique éducative

Auteur(s)	Facteurs importants	Considérations
Lindh et Holgersson (2007)	<p>Les élèves doivent avoir suffisamment d'espace afin de pouvoir étendre le matériel, spécialement lors de la construction, pour tester leurs solutions.</p> <p>Les équipes de travail doivent être constituées de 2 ou 3 élèves maximum. La tâche exigée doit être pertinente, réaliste et en relation avec d'autres tâches et disciplines scolaires.</p>	<p>Les élèves travaillaient sur les tables de laboratoire de science, soient les plus grandes tables disponibles à cette école.</p> <p>Les élèves étaient en équipe de 2.</p> <p>L'utilisation de la robotique était pertinente puisqu'elle permettait de compléter le laboratoire.</p>
Williams et coll. (2007)	<p>Les leçons et les didacticiels en robotique doivent être courts et abordés par la résolution de problème.</p> <p>Les élèves doivent s'appropriier le matériel de construction avant d'être confronté à une tâche conception.</p>	<p>La robotique est utilisée ici comme outil pédagogique à la chimie, et non pas à la robotique elle-même.</p> <p>Les élèves sont déjà initiés au matériel de construction LEGO.</p>
Nugent et coll. (2008)	<p>Les liens entre les activités de robotique et la science, pour les élèves du primaire, ont besoin d'être explicités très clairement.</p>	<p>Il s'agit d'élèves en fin du deuxième cycle du secondaire : aucune mesure n'a été prise à cet effet.</p>
Sullian (2008)	<p>La tâche doit être ouverte et doit intéresser l'élève durant tout le processus.</p> <p>L'enseignant doit effectuer de la rétroaction rapidement afin que les élèves ne restent pas bloqués.</p>	<p>La tâche de robotique est ouverte au sens où l'élève peut construire et programmer son chronomètre comme il désire.</p> <p>L'enseignant et le technicien en laboratoire circulent durant la période afin d'aider rapidement les élèves.</p>
Hussain et coll. (2006) Lindh et Holgersson (2007)	<p>Le rôle important de l'enseignant sur la stimulation des élèves et la création d'attitudes positives envers leurs travaux scolaires. C'est l'enseignant qui influence leur perception de la robotique.</p>	<p>Nous considérons que les enseignants étaient adéquatement formés. Nous avons également contrôlé l'effet de l'enseignant en nous assurant qu'ils participaient tous aux deux conditions.</p>

Enfin, à titre de validation, la tâche a été présentée dans le cadre d'un congrès professionnel en enseignement de la science et de la technologie, avant la collecte de données, à un auditoire constitué de différents professionnels de l'enseignement de la S&T, tels que des enseignants, des techniciens en laboratoire ainsi que des conseillers pédagogiques. L'évaluation de notre présentation était prise en charge par le congrès. Cette évaluation était constituée de courts énoncés évalués par une échelle de Likert à 4 catégories : excellent, au-dessus, au-dessous, faible. L'auditoire était constitué de 20 personnes. À l'énoncé « pertinence et utilité du contenu de l'activité », 16 ont répondu excellent; 3 au-dessus ; et 1 faible. À l'énoncé « clarté et précision de l'activité », 17 ont répondu excellent; et 3 au-dessus. À l'énoncé « intérêt suscité par l'activité », 16 ont répondu excellent; 3 au-dessus ; et 1 au-dessous. Enfin, les commentaires écrits et oraux reçus sont extrêmement positifs, outre un commentaire où une personne se soucie des gains en science et technologie réalisés par les élèves lors de la tâche.

### 3.3.1 Description détaillée du laboratoire

La différence de traitement entre nos deux conditions consiste en la substitution des outils de collecte de données traditionnelles permettant la mesure du temps (soit un chronomètre) par l'utilisation du kit robotique afin que les élèves construisent et programment eux-mêmes, soit via l'apprentissage par la pratique en RE selon Spolaor et Benitti (2017) un chronomètre. Ce chronomètre doit enregistrer automatiquement les données temporelles mesurées en fonction des commandes de l'utilisateur.

Pour les deux conditions, le laboratoire débutait par la mise en contexte suivante : « En raison de la crise du pétrole et du réchauffement climatique, on entrevoit avec espoir l'utilisation d'un combustible propre, le dihydrogène. En effet, celui-ci a l'avantage de ne produire que de l'eau lors de sa combustion. Toutefois, puisque le dihydrogène existe en très petite quantité dans l'atmosphère, sa production demeure un enjeu de taille. L'une des façons de le produire consiste à faire réagir un métal en

présence d'un acide. La vitesse de production du dihydrogène est-elle constante tout au long de la réaction? Vous effectuez ici un laboratoire qui vous permettra de calculer la vitesse de réaction de différentes façons. Pour ce faire, vous étudierez l'action du magnésium sur l'acide chlorhydrique. » L'objectif du laboratoire était le même pour les deux conditions, soit d'étudier la vitesse de réaction du magnésium avec l'acide chlorhydrique.

Pour la condition contrôle, les élèves avaient une liste classique du matériel utile pour ce laboratoire de chimie. Ils devaient alors, en équipe de deux, suivre une série de manipulations afin de faire réagir le métal avec l'acide dans une burette en système fermé. Dès le début de la réaction, ils prenaient en note le temps à chaque fois que 0,5 millilitre de gaz s'accumulait au haut de la burette. Ces résultats étaient consignés dans un tableau manuellement. Ils entraient ensuite manuellement ces résultats à un ordinateur afin de générer un graphique avec leurs données.

Pour le groupe expérimental, une même liste de matériel était fournie dans le cahier de l'élève, mais à laquelle s'ajoutait du matériel provenant du kit robotique, soit un microprocesseur, des capteurs, des fils permettant les branchements ainsi que des pièces de construction préfabriquées. Ils devaient alors, en équipe de deux, construire et programmer leur propre chronomètre en utilisant le matériel décrit ci-haut ainsi qu'un logiciel de programmation graphique. Les élèves étaient libres dans la conception et la programmation de ce chronomètre. Ils étaient toutefois déjà initiés à ce genre de matériel et à ce genre de défi. Lorsque le chronomètre était complété, ils effectuaient les mêmes manipulations de laboratoire que le groupe contrôle en vue d'enregistrer automatiquement sur le microprocesseur les données temporelles de la vitesse de réaction. Ils importaient ensuite ces résultats à un ordinateur afin de générer un graphique avec leurs données.

La suite du laboratoire est identique pour les deux conditions : les élèves devaient traiter leurs résultats. Les questions 1 à 5 les encadraient dans cette démarche. À la

question 1, ils devaient donner la formule permettant de calculer la vitesse moyenne de la réaction en fonction du magnésium en gramme par seconde. À la question 2, ils devaient convertir cette vitesse en moles par seconde. À la question 3, ils devaient calculer la vitesse de production de dihydrogène en millilitres par seconde. À la question 4, ils devaient convertir la vitesse trouvée précédemment en moles par seconde. Enfin, à la question 5, ils devaient comparer la vitesse de réaction du magnésium en mole par minute à celle du dihydrogène en mole par minute. À la question 6, ils devaient intégrer le graphique qu'ils avaient produit avec leurs données. Pour les questions 7 à 9, ils devaient, à partir de leur graphique, calculer les vitesses de formation instantanées du dihydrogène pour trois sections distinctes du graphique.

Lors de la période de 75 minutes, l'enseignant encadrerait seulement les élèves lors de la mise en contexte du laboratoire, qui durerait au maximum 5 minutes. Pour le reste de la période, les élèves travaillaient de manière autonome en équipe. L'enseignant et un technicien en laboratoire circulaient pour répondre aux questions des élèves. En aucun cas, les intervenants ne donnaient des réponses directes aux élèves; ils se contentaient plutôt de rediriger ou questionner les élèves afin qu'ils ne demeurent pas indéfiniment bloqués à une certaine étape du laboratoire.

Pour les deux conditions, les élèves remettaient leur cahier de laboratoire 5 minutes avant la fin de la période. Lorsqu'ils le remettaient, ils recevaient un questionnaire d'intérêt situationnel sur le laboratoire qu'ils venaient d'effectuer. Ce questionnaire était remis au son de la cloche.

### 3.4 Instrumentation

Afin de répondre aux objectifs spécifiques de recherche, deux instruments de mesure ont été mobilisés, soient un questionnaire d'intérêt situationnel ainsi qu'un indice de performance issu de la correction du cahier de l'élève rempli durant le laboratoire.

#### 3.4.1 Questionnaire d'intérêt situationnel

Les questionnaires à échelle Likert sont considérés comme étant un outil efficace pour évaluer l'intérêt des élèves (Potvin et Hasni, 2014). Likert (1932) a reconnu trois avantages notables à cette méthode : les échelles sont relativement faciles à construire; le répondant s'autoévalue directement en remplissant le questionnaire, évitant les erreurs de jugement d'un observateur externe; et un questionnaire fiable ne nécessite pas obligatoirement un nombre élevé d'items. Pour ces raisons, nous avons opté pour un questionnaire à échelle Likert afin de mesurer l'intérêt situationnel des élèves.

Pour mesurer l'intérêt situationnel des élèves, nous avons donc conçu notre propre questionnaire avec 8 items à échelle Likert en nous inspirant du questionnaire de Rotgans et Schmidt (2011) évaluant l'intérêt des élèves lors d'apprentissage collaboratif. Nous avons simplement adapté les énoncés afin qu'ils correspondent à notre tâche, soit un laboratoire de chimie. La moitié a été formulée de manière positive et l'autre de manière négative. Nous avons fait le choix d'une échelle paire allant de 1 (Fortement en désaccord) à 6 (Fortement en accord). Aucun qualificatif n'a été associé aux échelles deux 2 à 5 afin d'éviter que des étiquettes comme « assez en accord » ne viennent miner, par l'interprétation personnelle que chaque élève pourrait en faire, l'hypothèse d'équivalence entre les échelons.

Un total de 8 items a été développé. Trois items a mesuré la dimension de l'attention soutenue et les cinq autres items ont mesuré l'état affectif. Le questionnaire développé se trouve à l'appendice C.

Compte tenu de l'importance du questionnaire sur l'intérêt situationnel à la présente étude, nous avons voulu analyser sa fidélité en utilisant le coefficient alpha ( $\alpha$ ) développé par Cronbach (1951). Cet indice va de 0 à 1 comme la plupart des autres indices de consistance interne. Habituellement, un  $\alpha$  de Cronbach égal à 0,6 ou plus est satisfaisant. Plus ce nombre se rapproche de 1, meilleure est la fidélité de l'instrument : à 0,8 elle est excellente. Un  $\alpha$  de Cronbach autour de 0,5 montre que la fidélité de l'instrument s'avère passable (Gaudreau, 2011).

Le questionnaire a été validé directement auprès de l'échantillon constitué, soit sur 225 élèves distribués dans les deux conditions. Nous avons alors vérifié, tel que rapporté au tableau 3.3, la consistance interne des 8 items mesurant l'intérêt situationnel ( $\alpha=.886$ ; excellent). Considérant que l'indice de fidélité pour l'ensemble des 8 items relatifs à l'intérêt situationnel s'est avéré élevé, nous incluons les 8 items dans l'analyse des résultats, tel que démontré au tableau 3.4.

**Tableau 3.3** Statistique de fiabilité du questionnaire

Alpha de Cronbach	Nombre d'items
,886	8

**Tableau 3.4** Statistiques pour chaque item du questionnaire

	Moyenne de l'échelle en cas de suppression d'un item	Variance de l'échelle en cas de suppression d'un item	Corrélation complète des items corrigés	Alpha de Cronbach en cas de suppression de l'élément
Question 1	24,3778	84,459	,302	,903
Question 2	25,0533	75,747	,559	,882
Question 3	25,3111	71,706	,781	,860
Question 4	25,2622	71,926	,756	,862
Question 5	25,2578	69,353	,787	,858
Question 6	25,4133	73,520	,619	,876
Question 7	25,5378	72,723	,761	,862
Question 8	25,1067	71,149	,707	,867

### 3.4.2 L'indice de performance des élèves à la tâche expérimentale en chimie

Dans le cadre de cette étude, la performance a été utilisée comme mesure de l'apprentissage (Gaudreau, 2011) considérant qu'il était simple d'évaluer le travail directement produit lors de la tâche expérimentale. L'indice de la performance de l'élève à la tâche expérimentale provient donc de la correction du cahier de l'élève qui était remis au terme de la période. Bien qu'il s'agisse d'une activité de laboratoire pratique, l'évaluation effectuée est conceptuelle.

Les réponses attendues ne varient pas entre la condition expérimentale et la condition contrôle considérant que la différence se situe principalement au niveau de la collecte de données que les élèves effectuent lors du laboratoire. Toutefois, la gestion des données avec le kit robotique mène à une certaine automatisation de la création du schéma de données (voir la question 6 des appendices A et B). À ce titre, les élèves ne pouvaient pas être pénalisés sur, par exemple, une mauvaise numérotation des axes du graphique.

Ainsi, les mêmes critères de correction ont été appliqués à l'ensemble des copies. Aussi, l'entièreté de la correction fut effectuée par le même enseignant afin de limiter les différences d'interprétations et de maximiser l'accord inter juges. La correction du cahier de l'élève se trouve à l'appendice D. Les résultats obtenus furent comptabilisés et numérisés par un assistant de recherche. La base de données constituée fut entièrement révisée par le chercheur principal. Un résultat sur 15 fut obtenu pour les 225 élèves participants pour les deux conditions.

### 3.5 Analyse des données

Un test-t à échantillon indépendant sera mené pour voir s'il existe une différence significative de l'intérêt situationnel rapporté entre les élèves ayant participé à un laboratoire avec robotique comparé à un laboratoire sans robotique.

Un second test-t à échantillon indépendant sera mené pour voir s'il existe une différence significative de la performance entre les élèves ayant participé à un laboratoire avec robotique comparé à un laboratoire sans robotique.

Il est à noter que nous effectuerons des test-t seulement si nos données répondent aux postulats de base nécessaires à l'utilisation de ce test statistique paramétrique (Field, 2009). Dans le cas contraire, nous utiliserons le test de comparaison Mann-Whitney-Wilcoxon pour des données non paramétriques (Field, 2009).

### 3.6 Considérations éthiques

Bien que le chercheur n'ait de rapport d'autorité ni sur les élèves ni sur les enseignants recrutés, il existe un rapport d'autorité entre les élèves et leurs enseignants participants. Pour limiter les entraves au consentement libre et éclairé des élèves à participer au projet, l'enseignant devra sortir de la classe à la suite de la période de laboratoire, au moment de remplir le formulaire de consentement et le questionnaire d'intérêt situationnel. Le technicien en laboratoire assurera la présence obligatoire dans la classe durant ce temps. Ainsi, un élève ne désirant pas participer au projet n'aura pas à le laisser savoir à son enseignant, et n'aura pas à craindre des conséquences négatives suite à son refus.

La période durant laquelle la recherche sera menée est une période d'enseignement qui suit la suite logique d'apprentissage de la chimie en secondaire 5 des élèves. Aucune compensation n'est donc prévue afin d'encourager les élèves à assister à leur cours de chimie comme à l'habitude. Aucune compensation monétaire n'est également prévue pour les enseignants ; ceux-ci participent au projet envisagé sur une base volontaire. Ils pourront toutefois profiter du matériel pédagogique développé par le chercheur de manière gratuite.

Sinon, aucune difficulté éthique particulière n'est soulevée par le projet. Un certificat éthique a été émis par le Comité institutionnel d'éthique de la recherche avec des êtres humains (CIEREH) de l'UQAM.

## CHAPITRE IV

### RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION

Ce quatrième et dernier chapitre présente les résultats obtenus ainsi que leur interprétation en fonction des hypothèses de recherche avancées et de la littérature scientifique portant tant sur la robotique éducative et que sur l'intérêt que portent les élèves envers la S&T. La limite de ces résultats sera ensuite discutée et quelques perspectives de recherches seront présentées.

#### 4.1 Résultats de la comparaison de l'intérêt et de l'apprentissage

Dans la prochaine section, les données provenant de la mesure de l'intérêt et de l'apprentissage des élèves sont analysées de sorte à vérifier si l'ajout de la RE à une tâche de laboratoire en chimie suscite une différence positive sur ces mesures comparé au même laboratoire, mais où du matériel classique de chimie est utilisé.

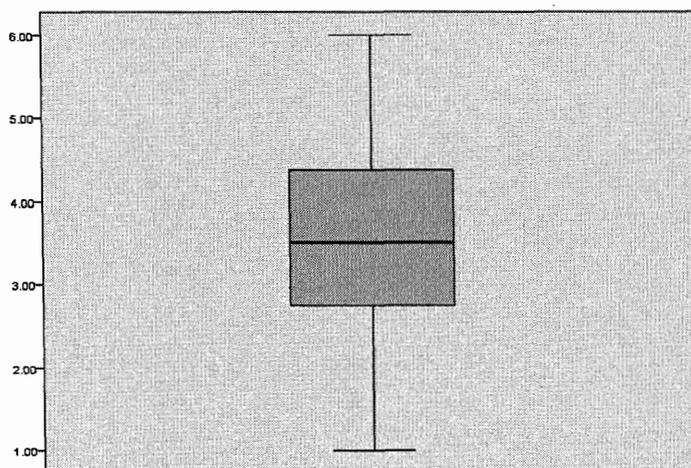
##### 4.1.1 Résultat de l'intérêt

Notre objectif spécifique 1 était de **comparer l'impact du kit robotique selon une approche d'apprentissage par la pratique sur l'intérêt situationnel de l'élève durant une tâche en science et technologie par rapport à une même tâche sans l'utilisation du kit robotique**, auquel était joint l'hypothèse que la condition robotique engendrerait un intérêt plus grand que la condition sans robotique.

Un test-t à échantillon indépendant a été mené pour vérifier s'il existe une différence significative de l'intérêt situationnel des élèves entre les deux conditions.

Avant de procéder au test-t, nous devons vérifier le respect des 6 postulats de base associés à ce type d'analyse paramétrique (Field, 2009). Premièrement, notre variable dépendante, l'intérêt situationnel, est mesurée par une échelle continue, soit une échelle Likert numérique allant de 1 à 6 où 1 représente un minimum d'intérêt et 6 en représente un maximum. Deuxièmement, notre variable dépendante est composée de deux groupes indépendants, soit une tâche en laboratoire de chimie avec et sans robotique. Troisièmement, nous posons l'indépendance des observations considérant qu'aucun élève n'a participé aux deux conditions et que tous les élèves sont différents. Quatrièmement, la distribution ne comporte aucune donnée extrême signifiante telle qu'illustrée à la figure 4.1.

**Figure 4.1** Distribution et données extrêmes de l'intérêt



Cinquièmement, la distribution de notre variable dépendante est normalisée. En effet, après avoir fait les tests de normalité, l'asymétrie et la Kurtose ont des valeurs non problématiques, soient inférieures à 1, telles qu'observé au tableau 4.1. À cet égard, le test de Kolgorov Smirnov s'avère non significatif ( $p=0.2$ ), laissant supposer que les données respectent suffisamment la normalité, tel que rapporté au tableau 4.2.

**Tableau 4.1** Statistiques descriptives de l'intérêt

		Statistique
Intérêt situationnel	Moyenne	3,5950
	Médiane	3,5000
	Variance	1,482
	Écart type	1,21758
	Asymétrie	,150
	Kurtosis	-,588

**Tableau 4.2** Test de normalité de Kolmogorov-Smirnov pour l'intérêt

	Statistique	dl	Sig.
Intérêt situationnel	,050	225	,200

Finalement, l'égalité des variances a été vérifiée par le test de Levene et s'avère non significatif, tel que rapporté au tableau 4.3, ce qui indique une égalité des variances. Aucune correction des degrés de liberté n'a donc été appliquée.

**Tableau 4.3** Test-t à échantillon indépendant pour l'intérêt

		Test de Levene		Test-t		
		F	Sig.	t	dl	Sig.
Intérêt situationnel	Égalité des variances assumée	1,252	0,264	5,548	223	,000

Suite aux vérifications nécessaires, le test-t à échantillon indépendant, tel que rapporté dans le tableau 4.3, démontre qu'il existe une différence significative entre le

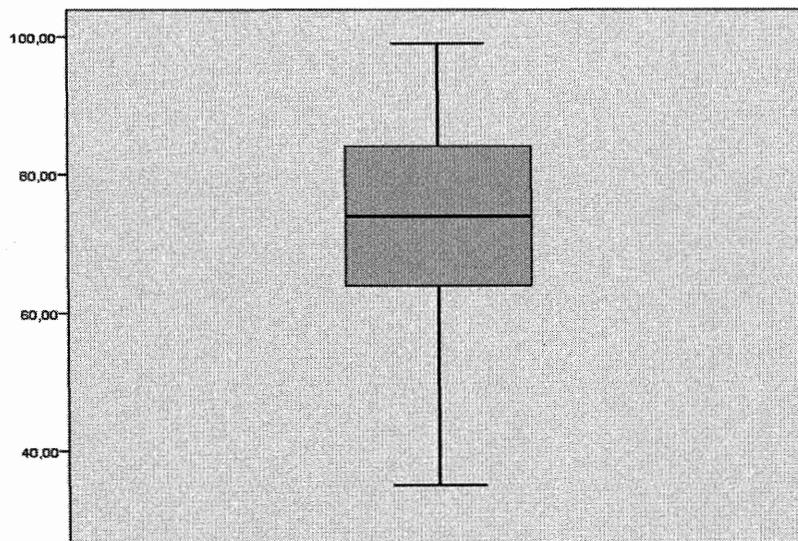
groupe ayant fait de la robotique ( $M=3.99$ ,  $SD = 1.18$ ) et celui n'ayant pas fait de robotique ( $M=3.15$ ,  $SD = 1.10$ ) ( $t(223)=5.54$ ,  $p<0.001$ ). Le  $d$  de Cohen associé à ce test indique une grande taille d'effet ( $d=0.70$ ) (Cohen, 1988). L'hypothèse 1 est donc confirmée. Ces résultats seront discutés à la section 4.2.1.

#### 4.1.2 Résultat de l'apprentissage

Notre objectif spécifique 2 était de **comparer l'impact du kit robotique selon une approche d'apprentissage par la pratique sur l'apprentissage de l'élève durant une tâche en science et technologie par rapport à une même tâche sans l'utilisation du kit**, auquel était joint l'hypothèse que la condition robotique engendrerait une performance plus grande que la condition sans robotique.

De la sorte, un test-t à échantillon indépendant a été mené pour vérifier s'il existe une différence significative de l'apprentissage des élèves entre les deux conditions.

Encore une fois, avant de procéder au test-t, nous avons vérifié le respect des 6 postulats de base associés à ce type d'analyse paramétrique. Premièrement, notre variable dépendante, l'apprentissage, est représentée par un résultat sur 15, où 0 représente un minimum de performance et 15 en représente un maximum. Deuxièmement, notre variable dépendante est composée de deux groupes indépendants, soit une tâche en laboratoire de chimie avec et sans robotique. Troisièmement, nous posons l'indépendance des observations considérant qu'aucun élève n'a participé aux deux conditions et que tous les élèves sont différents. Quatrièmement, la distribution ne comporte aucune donnée extrême signifiante, tel que démontré à la figure 4.2.

**Figure 4.2** Distribution et données extrêmes de l'apprentissage

Cinquièmement, la distribution de notre variable dépendante est normale. En effet, après avoir fait les tests de normalité, l'asymétrie et la Kurtose ont des valeurs non problématiques, soient inférieures à 1, telles que rapportées au tableau 4.4. Le test de Kolgorov Smirnov s'avère non significatif ( $p=0.2$ ), laissant supposer que les données respectent suffisamment la normalité, tel que démontré au tableau 4.5.

**Tableau 4.4** Statistiques descriptives de l'apprentissage

		Statistique
	Moyenne	12,20
	Médiane	12,3
Indice de performance	Variance	3,823
	Écart type	1,955
	Asymétrie	-,512
	Kurtosis	-,474

**Tableau 4.5** Test de normalité de Kolmogorov-Smirnov pour l'apprentissage

	Statistique	dl	Sig.
Indice de performance	,150	225	,200

Finalement, l'égalité des variances a été vérifiée par le test de Levene et s'avère significative, tel que rapporté au tableau 4.6, ce qui indique une inégalité des variances. Une correction des degrés de liberté a donc été appliquée.

**Tableau 4.6** Test-t à échantillon indépendant pour l'apprentissage

		Test de Levene		Test-t		
		F	Sig.	t	dl	Sig.
Indice de performance	Égalité des variances non assumée	8,932	0,004	-0,099	53,78	,922

Suite aux vérifications nécessaires, le t-test, tel que rapporté dans le tableau 4.6, démontre qu'il n'existe pas de différence significative entre le groupe ayant fait de la robotique ( $M=12.19$ ,  $SD = 1.62$ ) et celui n'ayant pas fait de robotique ( $M=12.24$ ,  $SD = 2.40$ ) ( $t(53,78)=0.099$ ,  $p=0.922$ ). L'hypothèse 2 est infirmée. La section 4.2.2 discute de ce dernier résultat.

## 4.2 Interprétation des résultats

Cette section présente l'interprétation des résultats en lien avec la littérature scientifique. Il s'attarde d'abord aux résultats en lien avec notre premier objectif spécifique abordant l'intérêt, puis traitera des résultats en lien avec notre second

objectif spécifique portant sur l'apprentissage. Les retombées sur la pratique enseignante de ces résultats seront ensuite discutées. Enfin, les limites de notre étude seront présentées afin de nuancer la portée des résultats, dont notamment l'effet de nouveauté.

#### 4.2.1 L'effet de la robotique éducative sur l'intérêt

Les résultats obtenus mènent à penser que les élèves n'éprouvent pas le même intérêt situationnel entre un laboratoire de chimie où la robotique éducative y est intégrée et un où elle n'y est pas. En effet, la différence de la variance d'intérêt des élèves a permis de confirmer l'hypothèse 1 selon laquelle l'utilisation du kit robotique en laboratoire de chimie suscite un intérêt situationnel envers les S&T plus marqué qu'un même laboratoire de chimie utilisant que du matériel classique. Ainsi, la RE permettrait non seulement de générer un certain intérêt chez les élèves envers les S&T, mais son ajout à un laboratoire permettrait de stimuler davantage l'intérêt qu'un laboratoire traditionnel.

Ce résultat nous apparaît comme étant cohérent avec la littérature propre au domaine de la robotique éducative. En effet, ce résultat confirme les «dits» théoriques d'auteurs importants en RE qui affirmaient que la RE permettait des activités qui pouvait se décliner selon la motivation et les différents intérêts des élèves (Papert, 1981) ou encore qu'elle permet des activités main à la pâte afin de développer la motivation des élèves (Eguchi, 2010). Ce résultat va dans le même sens que les travaux empiriques de Nugent et coll. (2009) portant sur la motivation et l'attitude des élèves envers les STIM en général. Ils observaient que la robotique permettait de stimuler davantage la motivation envers ces disciplines. Plus récemment, Karim, Lemaignan et Mondada (2015) arrivaient également à la conclusion que la RE avait un impact positif sur l'attitude et la motivation des élèves en éducation en général. Le résultat de notre étude va donc dans le même sens de ces études, mais en spécifiant précisément les bienfaits de la RE au niveau de l'intérêt situationnel envers les S&T.

De plus, notre étude vient bonifier la littérature en précisant que la RE aurait une certaine valeur ajoutée en termes d'intérêt lorsque qu'introduite à une séquence traditionnelle d'enseignement des S&T.

Ce résultat nous apparaît également conséquent avec les recherches abordant l'intérêt que portent les jeunes envers les S&T. En effet, la revue systématique de Potvin et Hasni (2014) identifiait certains facteurs pouvant rehausser l'intérêt des élèves, dont notamment les TIC. Ainsi, l'augmentation de l'intérêt dû à l'utilisation de la robotique observée dans le cadre de notre projet nous permet d'affirmer que la RE est une TIC qui permet de favoriser l'intérêt des élèves envers les S&T.

Nous expliquons cette augmentation de l'intérêt par le fait que la RE constitue une technologie qui est cohérente avec le quotidien technologique des élèves (Blikstien, 2013) et qu'elle leur permet de mieux le comprendre (Kynigos, 2008). En effet, au fil des années, de nombreux outils technologiques avancés et accessibles ont intégré le quotidien des non-experts, dont notamment les élèves (Blikstien, 2013). Cette intégration a créé des communautés qui valorisent ces outils et les activités intellectuelles qu'ils permettent (Blikstien, 2013). Toutefois, bien que ces outils soient valorisés et utilisés, ils ne sont pas nécessairement compris. Notre hypothèse en découlant est que les élèves apprécient non seulement être en contact avec des technologies qui sont cohérentes avec leur mode de vie moderne, mais ils auraient aussi un certain intérêt à les comprendre. Nous estimons que notre projet de recherche s'inscrit dans la perspective de la démystification de la «boîte noire» que représente les technologies via l'utilisation de la RE (Kynigos, 2008), c'est-à-dire le fait de rendre plus clair (ou «moins opaque») le fonctionnement des technologies par la construction et la programmation de celle-ci. Nous considérons que le kit robotique possède ce potentiel de démystification des technologies. Ainsi, actualiser les outils de collecte de données, par exemple, en laboratoire de chimie au secondaire, pourrait s'avérer payant en termes d'intérêt pour les élèves.

Cela dit, comparer un chronomètre numérique à du matériel moderne, tel que le matériel de robotique produit par LEGO, pourrait s'avérer un combat inégal. Ainsi, nous estimons que reproduire notre étude dans un contexte de comparaison entre deux outils modernes pourrait permettre d'isoler l'effet dont parle Kynigos (2008) de la RE et de mieux comprendre le potentiel qu'offre cette technologie. Ce genre d'étude permettrait également de mieux comprendre l'apport de réintroduire les sciences informatiques au cursus scolaire traditionnel, comme l'ont fait l'Australie et le Royaume-Uni, sur, au moins, l'intérêt des élèves.

Un autre facteur pouvant rehausser l'intérêt des élèves identifiés par Potvin et Hasni (2014) était les approches permettant un apprentissage par la pratique. Dans le cadre de notre projet, l'apprentissage pratique était présent au sein des deux conditions dans notre design expérimental, puisque les deux groupes ont réalisé des manipulations de laboratoire. Il est toutefois intéressant de noter que la moyenne de l'intérêt situationnel des élèves pour le groupe contrôle était de 3.15, ce qui situe cet intérêt comme étant négatif (notre échelle Likert du questionnaire d'intérêt comportait un nombre de catégories pair distribué de 1 à 6, où 3.5 serait la ligne médiane). La moyenne du groupe expérimental était de 3.99, situant ainsi cet intérêt comme étant positif.

Ainsi, la RE, lorsqu'intégré à une activité d'apprentissage pratique traditionnelle, tel qu'un laboratoire pratique, aurait le potentiel de bonifier l'intérêt situationnel généré en transformant une situation légèrement négative en situation légèrement positive.

#### 4.2.2 L'effet de la robotique éducative sur l'apprentissage

Les résultats obtenus mènent à penser que les élèves performant de manière équivalente lors d'un laboratoire en chimie, et ce, indépendamment de l'intégration de la robotique éducative. En effet, l'absence de variance de performance des élèves a permis d'infirmer l'hypothèse 2 selon laquelle l'utilisation du kit robotique en laboratoire de chimie favorise une performance en S&T plus marquée qu'un

laboratoire de chimie similaire utilisant du matériel classique. Ainsi, l'ajout de la RE à un laboratoire de chimie ne permettrait pas une performance supérieure que lors d'un laboratoire traditionnel.

A priori, ce résultat peut sembler inverse aux conclusions des recherches précédemment effectuées par la littérature scientifique en RE. Toutefois, tel que discuté dans la présentation du cadre théorique à la section 2.2.4.1, la littérature en RE a principalement utilisé des design expérimentaux comportant des pré et post tests. Les conclusions tirées à partir de ces devis méthodologiques sont que la RE «permet» essentiellement un apprentissage en S&T (Benitti, 2012).

À ce titre, les résultats obtenus vont en ce sens : l'intégration du kit robotique à un contexte de laboratoire permet une performance en S&T ; cette performance n'est toutefois pas différente que celle obtenue dans un même laboratoire sans RE. Lorsque l'on regarde les moyennes obtenues, on peut constater que les deux résultats sont convenables, environnant les 80% dans les deux cas. Ainsi, tout comme en physique, en biologie et en technologie, la RE permettrait des apprentissages en chimie.

L'absence de variance positive pourrait, selon nous, être expliquée par le fait que le lien entre la tâche effectuée en RE, soit de construire et programmer un chronomètre, était peu en lien avec le concept enseigné, soit le temps de réaction d'un métal avec un acide. Dans le même sens, Sullivan (2008) justifiait, dans sa discussion au terme de ses travaux portant sur les bénéfices de la RE par rapport à la démarche scientifique des élèves, que l'effet de la RE était possiblement fort dû au fait que le lien entre l'activité de robotique et le sujet enseigné était direct et explicité dans la séquence pédagogique. Il serait à ce titre intéressant de reproduire une étude similaire à la nôtre où l'activité de RE ajoutée est directement en lien avec le concept enseigné.

À l'inverse, il est toutefois rassurant d'observer une absence de variance négative en termes de performance. En effet, l'introduction de la RE à l'enseignement de la S&T

effectuée dans notre tâche expérimentale soustrait en quelque sorte du temps de travail aux élèves afin de réaliser le laboratoire, puisqu'ils doivent construire et programmer leur propre outil de collecte de données. Cette soustraction de temps de travail aurait pu avoir un impact négatif sur la performance considérant qu'un temps non négligeable fut mobilisé afin de réaliser la tâche additionnelle en RE et que seulement la performance en chimie était mesurée. Ainsi, l'ajout de la RE à l'enseignement de la S&T, bien que chronophage en termes de temps de classe, n'affecte pas la performance en S&T. Notons à ce titre que le défi en robotique qui était proposé aux élèves dans la condition expérimentale était en adéquation avec leurs compétences en robotique, limitant ainsi le temps utilisé à la tâche avec le kit robotique.

Ainsi, au terme de ces deux résultats, nous arrivons à la conclusion que **l'intégration du kit robotique à une tâche en laboratoire de chimie permet de stimuler davantage l'intérêt situationnel des élèves qu'une même tâche en laboratoire mobilisant du matériel traditionnel, tout en permettant une performance équivalente**. Cette conclusion se décline en différentes retombées éducatives pour le domaine de la pratique.

#### 4.3 Retombées éducatives envisageables

D'abord, la tâche expérimentale développée constitue une première en termes d'utilisation de la RE dans un contexte d'apprentissage en chimie. En effet, tel que démontré par la revue systématique de (Benitti et Spoalor, 2017), aucune étude (et donc par le fait même aucune tâche) ne proposait l'utilisation de la RE au service de la chimie. Nous sommes toutefois conscients que l'intégration du kit robotique à notre laboratoire demeure accessoire à la chimie : la construction et la programmation d'un chronomètre permettant de calculer le temps n'est pas intrinsèquement lié au domaine de la chimie. Il n'en demeure pas moins qu'il s'agit, selon nous, d'une méthode viable d'intégration d'une technologie moderne et actuelle telle que le kit

robotique au contexte de la chimie. Notre tâche a aussi le mérite d'utiliser seulement les capteurs présents dans l'ensemble de base fournit par LEGO, réduisant ainsi les coûts de capteurs supplémentaires afin d'introduire la RE en chimie, facilitant ainsi son intégration à la salle de classe.

Aussi, nous estimons que la tâche développée propose une intégration relativement réaliste de la RE au sein de la pratique enseignante dans le contexte québécois de l'enseignement de la science et de la technologie. En effet, considérant que le laboratoire développé prend autant de temps que le même laboratoire mobilisant des outils traditionnels, notre tâche nous apparaît cohérente avec le fait que le cursus en S&T est déjà surchargé (Conseil supérieur de l'éducation, 2013) et que le temps de classe pour réaliser des activités interdisciplinaires est très restreint (Hasni, Bousadra et Poulin, 2012).

Toutefois, il est important de souligner que la présente recherche fut effectuée dans un contexte où les élèves avaient été initiés à maintes reprises aux activités de robotique au cours de leur parcours scolaire. En effet, les élèves étaient suffisamment compétents et autonomes afin de construire et programmer eux-mêmes leur chronomètre. Ainsi, bien que le temps de la tâche était égal pour les deux conditions, il n'en demeure pas moins que du temps au préalable a dû être utilisé afin de former les élèves en robotique. Dans certains milieux scolaires, comportant plusieurs élèves en difficulté, cet «investissement temporel» afin de réaliser des apprentissages non curriculaires peut s'avérer difficile considérant que le programme de formation en S&T est déjà très chargé et que le temps de formation des enseignants est restreint (Conseil supérieur de l'éducation, 2013).

A cet égard, le présent projet de recherche vient identifier précisément les bénéfices escomptés pour l'élève que pourrait apporter une intégration de la RE à une pratique traditionnelle en S&T, tel que, dans notre cas, lors d'un laboratoire de chimie en secondaire 5. Ainsi, l'ajout de la RE peut avoir le potentiel de rehausser l'intérêt des

élèves tout en permettant une performance équivalente. Ainsi, l'utilisation de la RE doit donc être considérée avec prudence par les éducateurs considérant qu'elle requière du temps de formation professionnelle (Alimisis, 2013), un coût relativement élevé pour l'achat du matériel (Benitti, 2012) ainsi qu'un certain temps afin de réaménager la séquence didactique due à l'intégration de la RE (Spolaor et Benitti, 2017). Il en revient alors aux enseignants et directions d'écoles d'établir si l'investissement en vaut la peine, en fonction, certes, de leurs ressources, mais surtout de leurs intentions pédagogiques.

#### 4.4 Limites et perspectives de recherche

Même s'ils doivent être interprétés avec prudence, les résultats de la présente recherche démontrent un certain potentiel de l'intégration de la robotique éducative à l'enseignement des S&T afin de stimuler davantage l'intérêt des élèves tout en permettant une performance équivalente à un enseignement plus traditionnel. Ces résultats comportent toutefois quelques limites desquelles émergent certaines perspectives futures de recherche.

D'abord, l'intervention était très ponctuelle en termes de temps. En effet, bien qu'elle ait généré un intérêt marqué, l'intervention effectuée était limitée à une seule période de 75 minutes. Les effets de la RE ne peuvent pas être généralisés à partir d'une intervention si courte. À cet égard, il serait pertinent de reconduire des activités semblables d'une manière longitudinale afin d'aller observer la variation de l'intérêt situationnel à travers le temps. Il serait également intéressant de mesurer préalablement l'intérêt individuel des élèves afin d'observer l'impact de l'intérêt situationnel sur ce premier à long terme.

Aussi, l'intégration de la RE au sein de notre tâche était également ponctuelle, au sens où la robotique n'était utilisée qu'à titre d'outil : l'activité de construction et de programmation n'était pas centrale dans la tâche, comme elle aurait pu l'être si nous avions favorisé une autre approche que l'apprentissage par la pratique. À ce titre, une

perspective de recherche future serait d'intégrer la robotique de manière centrale à l'enseignement de la S&T en utilisant, par exemple, l'apprentissage par problème ou par projet, quitte à effectuer des interventions plus «coûteuses» en termes de temps. Il serait alors profitable de documenter les impacts sur la performance et l'intérêt en fonction de l'intégration de la RE à l'enseignement des S&T.

De plus, l'échantillon de convenance vient diminuer la validité externe de nos résultats puisqu'il n'y a pas représentativité de la population. Nous estimons toutefois que notre étude se démarque par la taille de son échantillon pour une étude adoptant un devis expérimental comparatif en RE. Il est en effet assez rare de trouver des milieux scolaires où le personnel enseignant est suffisamment formé afin d'intégrer la RE en classe et où le matériel est suffisamment abondant afin de permettre de réaliser des activités de robotique en petites équipes d'élèves (Lindh et Holgersson, 2007)

Enfin, il est d'autant plus difficile de réunir l'ensemble de ces conditions pour une cohorte d'élèves du même niveau et du même milieu afin de contrôler les connaissances antérieures, tant en S&T qu'en robotique et d'assurer une certaine homogénéité dans l'échantillon. Une perspective de recherche serait de varier l'échantillon afin de documenter les effets de la RE en fonction de l'âge et du niveau des élèves.

Aussi, Thomaz et coll. (2009) expliquaient le manque d'effet positif de la RE observé dans leur étude par le manque de formation des enseignants. Toutefois, cette conclusion ne provenait pas directement des résultats de l'étude, mais plus de l'explication du manque d'effet de leur intervention en RE. À cet effet, reproduire notre étude avec un échantillon similaire, mais avec des enseignants peu formés pourrait permettre d'isoler l'ampleur du rôle que joue l'enseignant dans l'utilisation de cette technologie. Cette idée peu semblée évidente, mais un tel résultat pourrait mettre l'accent sur le fait qu'une intervention pédagogique intelligible et planifiée permettant une institutionnalisation explicitée maximise les effets de la RE. Ce genre

de résultat validerait également l'importance d'investir dans la formation des enseignants en robotique et en programmation.

Dans le cadre de notre étude, l'effet de nouveauté n'était pas directement contrôlé par notre devis expérimental. Nous avons vu au cadre théorique que l'effet de nouveauté est un facteur pouvant rehausser l'intérêt des jeunes envers les S&T (Potvin et Hasni, 2014). Toutefois, nous estimons qu'il était notablement limité dans cette étude. Les enseignants nous avaient affirmé que les élèves avaient déjà effectué plusieurs activités de robotique en classe à travers leur parcours au secondaire. Il nous est difficile de quantifier ce nombre considérant que ce n'était pas tous les enseignants qui effectuaient des activités en RE et que certains élèves ont également fréquenté d'autres établissements scolaires durant leur parcours. De plus, la tâche que nous avons développée exigeait que les élèves soient déjà en mesure de construire et programmer eux-mêmes leur chronomètre. Ainsi, les élèves devaient nécessairement avoir déjà été initié à la RE afin d'être compétent et autonome dans l'activité. Effectuer de la recherche concernant l'effet de nouveauté de la robotique éducative nous semble toutefois indispensable. Il serait intéressant de comprendre son rôle dans l'interaction entre l'élève et cette technologie, non seulement pour mieux cerner le potentiel de la RE, mais aussi afin d'utiliser consciemment cet effet positif pour engager les élèves dans des tâches ou disciplines moins attrayantes.

## CONCLUSION

Afin de contrer la diminution de l'intérêt envers la science et la technologie chez les élèves qui est observée à l'international (Potvin et Hasni, 2014) et qui affecterait également leur réussite scolaire (Osborne et coll., 2003), plusieurs solutions sont identifiées par la littérature, dont notamment l'apprentissage par la pratique ainsi que l'utilisation des TIC (Potvin et Hasni, 2014). Nous nous sommes alors tournés vers la robotique éducative, une TIC permettant de réaliser en classe des activités pratiques (Eguchi, 2010). Bien que documentés, les effets de la robotique éducative doivent encore être considérés avec prudence (Benitti, 2012). À ce titre, certains auteurs recommandaient de continuer à investiguer les impacts de la RE pour les élèves, via notamment l'adoption de devis méthodologique comparatif (Gaudiello et Zibetti, 2013).

Ainsi, la question de recherche orientant notre projet était la suivante : **Quel est l'impact de l'utilisation de la robotique éducative sur l'intérêt et la performance des élèves en science et technologie?**

Il s'agissait concrètement de comparer l'impact du kit robotique sur l'apprentissage et l'intérêt situationnel des élèves durant une tâche en S&T par rapport à une même tâche sans l'utilisation du kit selon une approche d'apprentissage par la pratique.

Pour ce faire, nous avons développé un laboratoire de chimie portant sur la vitesse de réaction d'un métal avec un acide. Pour le groupe contrôle, il s'agissait d'un laboratoire traditionnel mobilisant du matériel de chimie classique : les élèves devaient d'abord effectuer certaines manipulations de chimie, pour ensuite utiliser un

chronomètre afin de prendre en note les temps de réaction. Ils devaient alors tracer un graphique de la vitesse de réaction et réaliser différents calculs. Pour le groupe expérimental, les élèves réalisaient le même laboratoire, les mêmes manipulations de chimie et les mêmes calculs. Toutefois, ils devaient eux-mêmes construire et programmer leur chronomètre en utilisant le kit robotique afin de mesurer le temps de réaction. Pour les deux conditions, la tâche durait 75 minutes.

225 élèves de 5<sup>e</sup> secondaire ont participé à ce projet : 118 dans la condition expérimentale et 107 dans la condition contrôle. Deux mesures ont été collectées au terme de la tâche : un indice de la performance résultant de la correction du cahier de l'élève évaluait l'apprentissage en S&T ; et un questionnaire d'intérêt situationnel à échelle Likert développé et validé pour ce projet évaluait l'intérêt envers la S&T. Les analyses statistiques furent un test-t pour chacune de ces mesures afin de comparer l'apprentissage et l'intérêt entre les deux conditions.

La différence significative de la variance d'intérêt situationnel des élèves a permis de confirmer l'hypothèse 1 selon laquelle l'utilisation du kit robotique en laboratoire de chimie suscite un intérêt situationnel envers les S&T plus marqué qu'un même laboratoire de chimie utilisant du matériel classique. Une taille d'effet très forte (0.70) était associée à cette différence significative. Ainsi, la RE permettrait non seulement de générer un certain intérêt chez les élèves envers les S&T, mais son ajout à un laboratoire permettrait de stimuler davantage l'intérêt qu'un laboratoire traditionnel.

L'absence de variance significative de performance des élèves a permis d'infirmier l'hypothèse 2 selon laquelle l'utilisation du kit robotique en laboratoire de chimie favorise une performance en S&T plus marqué qu'un laboratoire de chimie similaire utilisant du matériel classique. Ainsi, l'ajout de la RE à un laboratoire de chimie ne permettrait pas un apprentissage supérieur que lors d'un laboratoire traditionnel.

La conclusion principale de cette recherche est que **l'intégration de la robotique éducative à une tâche en science et technologie permet de stimuler davantage l'intérêt situationnel des élèves qu'une même tâche en laboratoire mobilisant du matériel traditionnel, tout en permettant un apprentissage équivalent.**

Les limites principales de cette recherche sont liées au manque d'un échantillon représentatif de la population ; à l'absence de contrôle de l'effet de nouveauté ; ainsi qu'au caractère ponctuel de la tâche développée en robotique.

Notre projet de recherche s'inscrivait dans la perspective qu'une éducation scientifique et technologique entraîne des bénéfices aux citoyens et qu'elle est mandataire aux sociétés modernes. À ce titre, la robotique éducative s'avère une TIC permettant de contrer la diminution de l'intérêt envers les S&T observée chez les jeunes. Notre projet de recherche s'inscrivait aussi dans la perspective de contribuer à la littérature scientifique en RE, notamment sur l'impact qu'elle peut avoir en termes d'apprentissage en S&T. À ce titre, notre projet de recherche apporte certaines nuances quant aux bénéfices que la robotique peut engendrer en éducation scientifique et technologique considérant que son intégration à la pratique enseignante nécessite d'investir du temps et de l'argent.

À la lumière de nos résultats, nous estimons que la RE offre la possibilité aux éducateurs de transformer l'éducation traditionnelle en une nouvelle forme d'expérience d'apprentissage innovante et technologiquement cohérente pour les élèves. En effet, la vitesse à laquelle le changement est introduit dans la société, en particulier dans les domaines technologiques, s'est accélérée depuis l'apparition d'Internet (Nie et Erbring, 2000). Ainsi, considérant le renouvellement constant de l'action technologique, un ensemble différent de compétences, telles que la créativité et l'innovation, est nécessaire pour que la main-d'œuvre continue d'inventer et d'innover avec ces nouveaux outils. Nous sommes toutefois confrontés au fait que notre système éducatif peine à suivre le rythme de changement de notre société, de

sorte que nos établissements scolaires actuels ne sont plus cohérents avec la réalité technologique de nos sociétés. Une vague d'innovation en technologie éducative pourrait apporter les changements nécessaires au système scolaire formel afin de former des citoyens compétents et adéquatement préparés pour le 21<sup>e</sup> siècle (Barr et coll., 2011). Bien que la robotique éducative ne soit pas nouvelle, il nous apparaît important d'intégrer ce type d'outil dans des contextes formels afin que ces expériences d'apprentissage soient accessibles à tous, et non seulement ceux qui en ont le privilège.

La RE mise sur l'exploration par les élèves de leurs propres idées à l'aide d'outils technologiques avec lesquelles ils peuvent réfléchir (Papert, 1993). Les élèves deviennent des ingénieurs et des programmeurs avec les robots plutôt que de simples consommateurs de technologies (Blikstien, 2013). La RE est un outil puissant pour que les élèves construisent leurs propres structures intellectuelles (Papert, 1993). Elle privilégie des approches centrées sur l'apprenant et où les enseignants doivent s'abstenir des méthodes traditionnelles d'enseignement pour devenir des facilitateurs de l'apprentissage des élèves. Il est également nécessaire pour les élèves de modifier leur mode d'apprentissage passif vers un mode actif.

Enfin, les activités de robotique fournissent des environnements d'apprentissage transdisciplinaire dans lesquelles les étudiants peuvent rencontrer une gamme assez vaste de concepts en STIM ainsi que des concepts d'autres domaines. Nous estimons que la finalité de cette technologie n'est pas de remplacer les enseignants, mais plutôt d'être mobilisées pour les aider à créer des environnements interdisciplinaires d'apprentissage motivants et efficaces pour les élèves. Pour atteindre un tel objectif, les enseignants doivent, certes, être adéquatement formés, mais surtout, les programmes d'études standards doivent faire l'objet d'une analyse appropriée afin d'être ajustés de façon à ce qu'ils puissent accueillir ou favoriser l'introduction d'activités basées sur les technologies.

Actuellement, le PFEQ inclut les technologies, et plus largement les sciences informatiques, comme étant transversales aux disciplines curriculaires (Ministère de l'éducation, 2006). L'intégration accessoire des technologies au programme scolaire semble nuire à la création d'activités interdisciplinaires où les élèves pourraient apprendre à réfléchir « avec » et « à propos » des technologies plutôt que de simplement les utiliser comme outils. La réintégration des sciences informatiques au curriculum, comme l'on déjà fait l'Angleterre et l'Australie (Brown et coll., 2014), favoriserait l'intégration de technologies réellement susceptibles de rehausser l'intérêt des élèves, notamment envers la science et la technologie, en plus de développer chez eux les compétences nécessaires afin d'évoluer sainement à l'âge de l'information en tant que citoyen (Barr et coll., 2011).

## RÉFÉRENCES

- Ackermann, E. (2001). Piaget's constructivism, Papert's constructionism: What's the difference. *Future of learning group publication*, 5(3), 438.
- Ainley, M. (1998). Interest in learning and the disposition of curiosity in secondary students: Investigating process and context. In *Interest and learning: Proceedings of the Seeon conference on interest and gender* (pp. 257-266).
- Ainley, M., Corrigan, M. et Richardson, N. (2005). Students, Tasks and Emotions: Identifying the contribution of Emotions to Students' Reading of Popular Culture and Popular Science Texts. *Learning and Instruction*, 15(5), 433-447.
- Ainley, M., Hidi, S. et Berndorff, D. (2002). Interest, Learning, and the Psychological Processes that Mediate their Relationship. *Journal of Educational Psychology*, 94(3), 545-561.
- Alimisis, D. (2013). Educational Robotics: new challenges and trends. *Themes in Science and Technology Education*, 6(1), 63-71.
- Allaire-Duquette, G., Charland, P. et Riopel, M. (2013). At the very root of the development of interest: using human body contexts to improve women's emotional engagement in introductory physics. *European Journal of Physics Education*, 5(2), 31-48.
- Andler, D., & Guerry, B. (2008). *Apprendre demain. Sciences cognitives et éducation à l'ère numérique* (p. 160). Hatier.
- Barker, B. S., & Ansorge, J. (2007). Robotics as means to increase achievement scores in an informal learning environment. *Journal of Research on Technology in Education*, 39(3), 229-243.

- 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.
- Barr, D., Harrison, J., & Conery, L. (2011). Computational thinking: A digital age skill for everyone. *Learning & Leading with Technology*, 38(6), 20-23.
- Behrens, A., Atorf, L., Schwann, R., Neumann, B., Schnitzler, R., Balle, J., et al. (2010). Matlab meets LEGO Mindstorms - a freshman introduction course into practical engineering. *IEEE Transactions on Education*, 53, 306e317.
- Benitti, F-B-V. (2012). Exploring the educational potential of robotics in schools: a systematic review. *Computers & Education*. Vol 58(2012). 978-988.
- Benitti, F. B. V., & Spolaôr, N. (2017). How Have Robots Supported STEM Teaching?. In *Robotics in STEM Education* (pp. 103-129). Springer, Cham.
- Bergin, D. A. (1999). Influences on classroom interest. *Educational Psychologist*, 34(2), 87-98.
- Bergin, D. A., Ford, M. E., & Hess, R. D. (1993). Patterns of motivation and social behavior associated with microcomputer use of young children. *Journal of Educational Psychology*, 85, 437-445.
- Berlyne, D. E. (1960). *Conflict, arousal, and curiosity*. New York: McGraw-Hill.
- Bertacchini, F., Bilotta, E., Gabriele, L., Pantano, P., & Servidio, R. (2010). Using LEGO Mindstorms in higher education: Cognitive strategies in programming a quadruped robot. In *International Conference on Computers in Education* (pp. 366e371).
- Blikstien, P. (2013). Digital fabrication and 'making in education': The democratization of invention. In J. W. H. C. Buching (Ed.), *FabLabs: Of makers and inventors*. Bielefeld, Germany: Transcript Publishers.

- Brown, N. C., Sentance, S., Crick, T., & Humphreys, S. (2014). Restart: The resurgence of computer science in UK schools. *ACM Transactions on Computing Education (TOCE)*, 14(2), 9.
- Bru, M., & Donnay, J. (2002). *Recherches, pratiques et savoirs en éducation*. Bruxelles: De Boeck.
- Bruyère, Marie-Hélène (2016). *Similitudes et différences dans l'intérêt situationnel de groupes de filles du 3e cycle du primaire à l'égard d'activités pédagogiques en science et technologie*. Mémoire. Montréal (Québec, Canada), Université du Québec à Montréal, Maîtrise en éducation.
- Bryan, R.R., Glynn, S.M. et Kittleson, J.M. (2011). Motivation, Achievement, and Advanced Placement Intent of High School Students Learning Science. *Science Education*, 95(6), 1049-1065.
- Caci, B., D'Amico A., Robotics: a new tool for education of subjects with cognitive diseases, in Chiazzese G., Allegra M., Chifari A. et al. (2005), *Methods and Technologies for Learning*, Transaction on Information and Communication Technologies, Southampton, UK: WIT Press, vol. 34, pp. 563–56.
- Caleon, I. S., et Subramaniam, R. (2008). Attitudes towards science of intellectually gifted and mainstream upper primary students in Singapore. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(8), 940-954.
- Campbell, D. T., & Stanley, J. C. (1966). Experimental and quasi-experimental designs for research. *Handbook of research on teaching (NL Gage, Ed.)*, 171-246.
- Carvalho-Knighton, K. M., & Smoak, J. M. (2009). Integrating Basic Analytical Methods and Computer-Interface Technology into an Environmental Science Water 116 P. Potvin and A. Hasni Quality Lab Improves Student Attitude. *International Journal of Environmental and Science Education*, 4(4), 419–428.

- Chang, C. W., Lee, J. H., Chao, P. Y., Wang, C. Y., & Chen, G. D. (2010). Exploring the possibility of using humanoid robots as instructional tools for teaching a second language in primary school. *Educational Technology & Society*, 13(2), 13–24.
- Chang, C.-Y. et Cheng, W.-Y. (2008). Science Achievement and Students' Self-Confidence and Interest in Science: A Taiwanese Representative Sample Study. *International Journal of Science Education*, 30(9), 1183-1200.
- Charlier B. et Péraya D. (2002). *Technologie et Innovation en pédagogie: Dispositifs Innovants de Formation pour l'enseignement Supérieur*, Bruxelles : De Boeck.
- Conseil de la science et de la technologie (2004). *La culture scientifique et technique : une interface entre les sciences, la technologie et la société*. Sainte-Foy: Gouvernement du Québec.
- Conseil supérieur de l'éducation (2013). *L'enseignement de la science et de la technologie au primaire et au premier cycle du secondaire*. Avis à la ministre de l'Éducation, du Loisir et du Sport. Québec : Conseil supérieur de l'éducation.
- Convert, B. (2005). Europe and the Crisis in Scientific Vocations. *European Journal of Education*, 40(4), 361-366.
- Cotgreave, P. et Davies, R. (2005). How can we measure the Success of National Science Policies in the short or medium terms? *European Journal of Education*, 40(4), 393-403.
- Denis, B., & Baron, G. L. (1994). Regards sur la robotique pédagogique. In *Actes du quatrième colloque sur la robotique pédagogique Liège*, 5–8 juillet, Paris: INRP.
- Driver, R., Bell, B. (1985): Students' thinking and the learning of science: A constructivist view. *School Science Review*. pp. 443-456.
- Dobson, R. et Burke, K. (2013). *Spotlight on Science Learning: the High Cost of Dropping Science and Math*. Let's Talk Science and Amgen Canada Inc.

- Eguchi, A. (2010). What is educational robotics? Theories behind it and practical implementation. In D. Gibson & B. Dodge (eds.), *Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference 2010* (pp. 4006-4014). Chesapeake, VA: AACE.
- Eguchi, A. (2012). 'Educational Robotics Theories and Practices : Tips for how to do it Right' in Bradley, S. (2012). *Robots in K-12 Education : A New Twchnology for Learning*. IGI Global, 402 pages.
- Ford M., Dack G., Prejean L., "Robotics: Implementing problem based learning in teacher education and field experience", in Crawford C., Carlsen R., McFerrin K. et al. (2006), *Proceedings of Society for Information Technology and Teacher Education International Conference*, Chesapeake: AACE, pp. 3410-3416.
- Foster, E. (2010). *A New Equation: How Encore Careers in Math and Science Education Equal More Success for Students: National Commission on Teaching and America's Future*. Washington: National Commission on Teaching and America's Future.
- Gagné, P. P., Leblanc, N., & Rousseau, A. (2009). Apprendre. *Une question de stratégies : développer les habiletés liées aux fonctions exécutives*. Montréal: Chenelière.
- Gardner, P.L. (1996). The Dimensionality of Attitude scales: a widely Misunderstood idea. *International Journal of Science Education*, 18(8), 913-919.
- Gaudiello, I., & Zibetti, E. (2013). La robotique éducationnelle: état des lieux et perspectives. *Psychologie française*, 58(1), 17-40.
- Gaudiello, I., & Zibetti, E. (2015). *Learning Robotics, with Robotics, by Robotics: Educational Robotics*, First Edition. ISTE Ltd 2016.
- Gaudiello, I., Zibetti, E., & Pinaud, C. A. (2012). Control heuristics for educational robots: a pilot study. In *Proceedings of 3rd International workshop teaching robotics, teaching with robotics. Integrating robotics in school curriculum*. Riva del Garda, Trento, Italy, April 20, (pp. 67-75).

- Gaudreau, L. (2011). *Guide pratique pour créer et évaluer une recherche scientifique en éducation*. Montréal : Guérin.
- Haas, J. (2005). The Situation in Industry and the Loss of Interest in Science Education. *European Journal of Education*, 40(4), 405-416.
- Hannover, B. et Kessels, U. (2004). *Self-to-Prototype Matching as a Strategy for Making Academic Choices*. Why High School Students do not like Math and Science. *Learning and Instruction*, 14, 51-67.
- Hasni, A., Bousadra, F. et Poulin, J.-E. (2012). Les liens interdisciplinaires vus par des enseignants de sciences et technologies et de mathématiques du secondaire au Québec, *RDST*, no 5, p. 131-156.
- Hasni, A. & Potvin, P. (2015). *Intérêt pour les sciences et la technologie à l'école : résultats d'une enquête auprès d'élèves du primaire et du secondaire au Québec*. Sherbrooke, Québec : Chaire de recherche sur l'intérêt des jeunes à l'égard des sciences et de la technologie (CRIJEST).
- Haussier, P., Hoffman, L., Langeheine, R., Rost, J. et Sievers, K. (1998). A typology of students' interest in physics and the distribution of gender and age within each type. *International Journal of Science Education*, 20(2), 223-238.
- Haussier, P. et Hoffmann, L. (2000). A curricular frame for physics education: Development, comparison with students' interests, and impact on students' achievement and self-concept. *Science Education*, 84(6), 689-705.
- Haussier, P. et Hoffmann, L. (2002). An intervention study to enhance girls' interest, self-concept, and achievement in physics classes. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(9), 870-888.
- Hidi, S. (2001). Interest, Reading, and Learning: Theoretical and Practical Considerations. *Educational Psychology Review*, 13(3), 191-209.

- Hidi, S. (2006). Interest: A Unique Motivation Variable. *Educational Research Review*, 1, 69-82.
- Hidi, S. et Harackiewicz, J. (2000). Motivating the Academically Unmotivated: A Critical issue for the 21st century. *Review of Educational Research*, 70(2), 151-179.
- Hidi, S. et Renninger, K.A. (2006). The Four-Phase Model of Interest Development. *Educational Psychologist*, 41(2), 111-127.
- Hoover, W. A. (1996): The Practice Implications of Constructivism. *SEDLetter*, Vol 9, No. 3.
- Hussain, S., Lindh, J., & Shukur, G. (2006). The effect of LEGO training on pupils' school performance in mathematics, problem solving ability and attitude: Swedish data. *Journal of Educational Technology and Society*, 9(3), 182–194.
- Hyun, E. J., Kim, S. Y., Jang, S. K., & Park, S. J. (2008). Comparative study of effects of language education program using intelligence robot and multimedia on linguistic ability of young children. *In Proceedings of the 17th IEEE International Workshop on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN 2008)* Germany, August 2008, (pp. 187–192).
- Ionita, S., & Ionita, A. I. (2007). Steps towards a constructionist methodological approach. *In Proceedings of EcoMedia International Conference Pitesti*, Romania, November 23 and 24, (pp. 119–125).
- ISO Standard, ISO 8373 (2007). Manipulating industrial robots – vocabulary.
- Johnson, J. L. (2003). *Distance education: The complete guide to design, delivery, and improvement*. Teachers College Press.
- Jou, M., Chuang, C.-P., & Wu, Y.-S. (2010). Creating interactive web-based environments to scaffold creative reasoning and meaningful learning: From physics to products. *Turkish Online Journal of Educational Technology*, 9, 49e57.

- Kara, Y., & Yesilyurt, S. (2007). Assessing the Effects of Tutorial and Edutainment Software Programs on Students' Achievements, Misconceptions and Attitudes towards Biology. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 8(2).
- Karim, M. E., Lemaignan, S., & Mondada, F. (2015, June). A review: Can robots reshape K-12 STEM education?. In *Advanced Robotics and its Social Impacts (ARSO), 2015 IEEE International Workshop on* (pp. 1-8). IEEE.
- Kerepesia, A., Kubinyib, E., Jonssonc, G. K., Magnussonc, M. S., & Miklósib, A. (2006). Behavioural comparison of human–animal (dog) and human–robot (AIBO) interaction. *Behavioural Processes*, 73(1), 92–99.
- Kim, J. H., Kim, Y. D., & Lee, K. H. (2004, December). The third generation of robotics: Ubiquitous robot. In *Proc of the 2nd Int Conf on Autonomous Robots and Agents*.
- Kintsch, W. (1980). Learning from text, levels of comprehension, or: Why anyone would read a story anyway. *Poetics*, 9(1), 87-98.
- Korchnoy, E. et Verner, I. (2010). Characteristics of learning computer-controlled mechanisms by teachers and students in a common laboratory environment. *International Journal of Technology and Design Education*, 20, 217-237.
- Koszalka, T. A. (2002). Technology Resources as a Mediating Factor in Career Interest Development. *Educational Technology & Society*, 5(2), 29–38.
- Krapp, A. (2007). An educational-psychological conceptualisation on interest. *International Educational Journal for Educational and Vocational Guidance*, 7, 5-21.
- Krapp, A. et Prenzel, M. (2011). Research on Interest in Science: Theories, methods, and findings. *International Journal of Science Education*, 22(1), 27-50.

- Kynigos, C. (2008). Black-and-white-box perspectives to distributed control and constructionism in learning with robotics. In S. Carpin, I. Noda, E. Pagello, M. Reggiani, & O. von Stryk, *Workshop Proceedings of Intl. Conf. on Simulation modeling and programming for autonomous robots (SIMPAN 2008)* Venice, Italy, November 3–7, (pp. 41–49).
- Lau k., Tan h., Erwin b. et al. (1999). Creative learning in school with LEGO programmable robotics products, *Proceedings of AAEE/IEEE Conference on Frontiers in Education*, Champaign, Stipes Publishing, L.L.C.
- Leroux, P. (2009). Enseigner la technologie par la robotique et l'informatique. Dans Charland, P., Fournier, F., & Potvin, P. *Apprendre et enseigner la technologie*. Québec: MultiMondes.
- Lindh, J., & Holgersson, T. (2007). Does lego training stimulate pupils' ability to solve logical problems? *Computers & Education*, 49(4), 1097–1111.
- McDaniel, M. A., Waddill, P. J., Finstad, K., et Bourg, T. (2000). The effects of text-based interest on attention and recall. *Journal of Educational Psychology*, 92(3), 492.
- Meltzoff, A. N., Kuhl, P. K., Movellan, J., & Sejnowski, T. J. (2009). Foundations for a new science of learning. *Science*, 19, 325(5938), 284–288.
- Mialaret, G. (1976). *Les sciences de l'éducation*. Paris, Presse universitaire de France, p. 108-115.
- Middleton, J. A. (1995). A study of intrinsic motivation in the mathematics classroom: A personal constructs approach. *Journal for Research in Mathematics Education*, 26, 254–279.
- Ministère de l'Éducation. (2006). *Programme de formation de l'école québécoise : Éducation préscolaire, enseignement primaire*. Québec : Gouvernement du Québec.

- Mitnik, R., Nussbaum, M., & Soto, A. (2008). An autonomous educational mobile robot mediator. *Autonomous Robots*, 25(4), 367–382.
- Moos, D. & Azevedo, R. (2009). Learning with computed-based learning environments : a literature review of computer self-efficacy. *Review of Educational Research*. Vol 79(2). 576-600.
- Nelson, J. (2009). Celebrating Scratch in libraries: creation software helps young people develop 21st-century literacy skills. *School Library Journal*, 20–21.
- Nie, N. H., & Erbring, L. (2000). Internet and society. *Stanford Institute for the Quantitative Study of Society*, 3, 14-19.
- Nieswandt, M. (2006). Student Affect and Conceptual Understanding in Learning Chemistry. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(7), 908-937.
- Nonnon, P. (2002). Robotique pédagogique et formation de base en science et technologie. *ASTERN*, 2002, 34.
- Nugent, G., Barker, B., & Grandgenett, N. (2008). *The effect of 4-H robotics and geospatial technologies on science, technology, engineering, and mathematics learning and attitudes*. In J. Luca, & E. Weippl (Eds.), *Proceedings of world conference on educational multimedia, hypermedia and telecommunications* (pp. 447–452). Chesapeake, VA:AACE.
- Nugent, G., Barker, B., Grandgenett, N., & Adamchuk, V. (2009). The use of digital manipulatives in k-12: robotics, GPS/GIS and programming. *In Frontiers in education conference, 2009. FIE '09. 39th IEEE* (pp.1-6, 18-21).
- OCDE. (2007). *PISA 2006 Les compétences en sciences, un atout pour réussir*. Paris : Éditions de l'OCDE.
- OCDE. (2008). *Encouraging student interest in science and technology studies*. Paris : Éditions de l'OCDE.

- 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.
- Ourisson, G. (2002). Désaffectation des étudiants pour les études scientifiques. Rapport soumis au ministère de l'Éducation nationale. France : Ministère de l'Éducation nationale.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. New York: Basic Books.
- Papert, S. (1981). *Computer-based microworlds as incubators for powerful ideas*. In R. Taylor (Ed.), *The computer in the school: Tutor, tool, tutee* (pp. 203–210). New York: Teachers College Press.
- Papert, S. (1991) 'Situating Constructionism' In S.Papert and I.Harel (eds.) *Constructionism*. Ablex Publishing Corporation.
- Papert, S. (1993). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas* (2nd ed.). New York, NY: Basic Books.
- Park, H., Khan, S., & Petrina, S. (2009). ICT in Science Education: A Quasi-Experimental Study of Achievement, Attitudes toward Science, and Career Aspirations of Korean Middle School Students. *International Journal of Science Education*, 31(8), 993–1012.
- Pasztor, A., Pap-Szigeti, R., & Torok, E. L. (2010). Effects of using model robots in the education of programming. *Informatics in Education*, 9, 133e140.
- Piaget, J. (1952). *The origins of intelligence in children*. New York: International University Press.
- Piaget, J. (1954). *The construction of reality in the child*. New York, NY : Harcourt, Brace and Compagny.

- Polya, G. (2007). *Comment poser et résoudre un problème*. Paris: Jacques Gabay.
- Porchet, M. (2002). *Les jeunes et les études scientifiques : les raisons de la « désaffection » ; un plan d'action*. Paris : Ministère de l'éducation nationale.
- Potvin, P. et Hasni, A. (2014). Interest, motivation and attitude towards science and technology at K-12 levels: a systematic review of 12 years of educational research. *Studies in Science Education*, 50(1), 85-129.
- Potvin, P., Sauriol, É., & Riopel, M. (2015). Experimental evidence of the superiority of the prevalence model of conceptual change over the classical models and repetition. *Journal of Research in Science Teaching*, 52(8), 1082-1108.
- Ryan, R. et Deci, E. (2000). Intrinsic and extrinsic motivations: Classic definitions and new directions. *Contemporary Educational Psychology*, 25(1), 54-67.
- Renninger, K. A. (2009). Interest and identity development in instruction: an inductive model. *Educational Psychologist*, 44(2), 105-118.
- Renninger, K. A., Ewen, L., et Lasher, A. K. (2002). Individual interest as context in expository text and mathematical word problems. *Learning and Instruction*, 12(4), 467-490.
- Renninger, K. A. et Hidi, S. (2011). Revisiting the conceptualization, measurement, and generation of interest. *Educational Psychologist*, 46(3), 168-184.
- Renninger, K., et Wozniak, R. H. (1985). Effect of interest on attentional shift, recognition, and recall in young children. *Developmental Psychology*, 21(4), 624.
- Resnick, M., Maloney, J., Monroy-Hernandez, A., Rusk, N., Eastmond, E., Brennan, K., Millner, A., Rosenbaum, E., Silver, J., Silverman, B., & Kafai, Y. (2009). Scratch: Programming for All. *Communications of the ACM*, 52(11), 60-67.
- Resnick, M., Martin, F., Sargent, R., & Silverman, B. (1996). Programmable bricks: Toys to think with. *IBM Systems Journal*, 35(3-4), 443-452.

- Resnick, M., & Ocko, S. (1990). *LEGO/logo--learning through and about design*. Cambridge, MA: Epistemology and Learning Group, MIT Media Laboratory.
- Ribeiro, C. R., Machado, C., Costa, M. F. M., & Pereira-Coutinho, C. (2009). Robotics as a tool to increase the motivation levels in problematic students. *In 6th International Conference on Hands-on Science Science for All. Quest for Excellence 2009*. HSci Antalya, Turkey, October 16–21, 2012.
- Robot Institute of America (1981). *Worldwide Surey and Directory on Industrial Robots*. Robot Institute of America, Dearborn, MI.
- Romero, M., & Dupont, Y. (2016). Educational robotics: from procedural learning to co-creative project oriented challenges with LEGO WeDo.
- Rusk, N., Resnick, M., Berg, R., & Pezalla-Granlund, M. (2008). New pathways into robotics: strategies for broadening participation. *Journal of Science Education and Technology*, 17(1), 59–69.
- Sahin, M. (2010). The impact of problem-based learning on Engineering students' beliefs about Physics and conceptual understanding of energy and momentum. *European Journal of Engineering Education*, 35(5), 519e537.
- Sakata Junior, K., & Olguin, G. S. (2011). Robotics: A case study of contextualization in engineering education. *World Engineering Education*, 855e861.
- Samson, G. (2002). *L'importance accordée aux conceptions de l'élève dans l'enseignement des sciences au secondaire*. In R. M. J. Toussaint (Ed.), *Changement conceptuel et apprentissage des sciences, recherches et pratiques* (pp. 97-115). Montréal : Éditions Logiques.
- Sansone, C., Weir, C., Harpster, L., & Morgan, C. (1992). Once a boring task always a boring task? Interest as a self-regulatory mechanism. *Journal of personality and social psychology*, 63(3), 379.

- Sauvé, É. (2009). Apprendre la technologie par la robotique. Dans Charland, P., Fournier, F., & Potvin, P. *Apprendre et enseigner la technologie*. Québec: MultiMondes.
- Schiefele, U., Krapp, A. et Winteler, A. (1992). Interest as a Predictor of Academic Achievement: A Meta-Analysis of Research. In K. A. Renninger, S. Hidi et A. Krapp (dir.), *The Role of Interest in Learning and Development* (p. 197-222). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Siciliano, B. et Khatib, O. (2008). *Springer Handbook of Robotics*. Springer Science & Business Media, p. 1-4.
- Siegel, M. A., & Ranney, M. A. (2003). Developing the Changes in Attitude about the Relevance of Science (CARS) Questionnaire and Assessing Two High School Science Classes. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(8), 757-775.
- Spolaôr, N., & Benitti, F. B. V. (2017). Robotics applications grounded in learning theories on tertiary education: A systematic review. *Computers & Education*, 112, 97-107.
- 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.
- Tabachnik, B. et Fidell, L. (2007). *Using multivariate statistics* (5e éd.). Boston; Montréal: Pearson/A & B.
- Tatar, D., & Robinson, M. (2003). Use of the Digital Camera To Increase Student Interest and Learning in High School Biology. *Journal of Science Education and Technology*, 12(2), 89-95.
- Tejada, S., Traft, N., Hutson, M., Bufford, H., Dooner, M., Hanson, J., Radler, A., & Mauer, G. (2006). Educational robots: Three models for the research of learning theories and human-robot interaction. In *Proceedings of the AAAI 2006 Robotics Workshop Boston*, July 16-20, (pp. 70-76).

- Thomaz, S., Aglaé, A., Fernandes, C., Pitta, R., Azevedo, S., Burlamaqui, A., et coll. (2009). RoboEduc : a pedagogical tool to support educational robotics. *In Proceedings of ASEE/IEEE frontiers in education conference*, San Antonio, TX.
- Trouche L. (2005). Construction et conduite des instruments dans des apprentissages mathématiques: Nécessité des orchestrations, *Recherches en Didactique des Mathématiques*, vol. 25, no. 1, pp. 91–138, 2005.
- Viennot, L. (1979). Spontaneous reasoning in elementary dynamics. *European , Journal of Science Education*, 1(2), 205-221.
- Vollstedt, A. M., Robinson, M., & Wang, E. (2007). Using robotics to enhance science, technology, engineering, and mathematics curricula. *In Proceedings of American Society for Engineering Education Pacific Southwest annual conference*, Honolulu: Hawaii.
- Vosniadou, S. (2001). How Children Learn, Educational Practices Series, 7, *The International Academy of Education (IAE) and the International Bureau of Education*.
- Wender, I. (2004). Relation of Technology, Science, Self-Concept, Interest, and Gender. *Journal of Technology Studies*, 30(3), 43-51.
- Whittier, L. E., & Robinson, M. (2007). Teaching evolution to non-English proficient students by using lego robotics. *American Secondary Education*, 35(3), 19–28.
- Williams, D., Ma, Y., Prejean, L., Lai, G., & Ford, M. (2007). Acquisition of physics content knowledge and scientific inquiry skills in a robotics summer camp. *Journal of Research on Technology in Education*, 40(2), 201–216.

APPENDICE A

TÂCHE EXPÉRIMENTALE : GROUPE CONTRÔLE

Nom : \_\_\_\_\_

Groupe : \_\_\_\_\_

Coéquipier : \_\_\_\_\_

No d'équipe : \_\_\_\_\_

Labo Y

**Vitesse de réaction Mg/HCl****MISE EN SITUATION****Un enjeu de taille**

En raison de la crise du pétrole et du réchauffement climatique, on entrevoit avec espoir l'utilisation d'un combustible propre, le dihydrogène (H<sub>2</sub>). En effet, celui-ci a l'avantage de ne produire que de l'eau lors de sa combustion. Toutefois, puisque le dihydrogène existe en très petite quantité dans l'atmosphère, sa production demeure un enjeu de taille.

L'une des façons de le produire consiste à faire réagir un métal en présence d'un acide. La vitesse de production du dihydrogène est-elle constante tout au long de la réaction?

Vous effectuez ici un laboratoire qui vous permettra de calculer la vitesse d'une réaction de différentes façons. Pour ce faire, vous étudierez l'action du magnésium sur l'acide chlorhydrique (HCl), ces éléments réagissant ensemble selon l'équation suivante :

**But**

Étudier la vitesse de réaction du magnésium avec l'acide chlorhydrique.

**Matériel disponible**

1. Burette de 50 ml
2. Cylindre gradué 10 ml
3. Solution de HCl 2,75 M dans un flacon laveur identifié "HCl"
4. Ruban de magnésium
5. Eau du robinet dans un flacon laveur transparent
6. Fils électrique
7. Bouchon de caoutchouc percé
8. Bécher de 300 ml
9. Balance analytique
10. Support universel
11. Pince à burette
12. Chronomètre

**Manipulations**

1. Se procurer un ruban de magnésium d'une longueur d'environ 2 cm.
2. À l'aide de la balance analytique, déterminer la masse du ruban. Noter cette masse ici bas.
3. Déterminer la pression atmosphérique dans le laboratoire. Noter cette pression ici bas.
4. Déterminer la température dans le laboratoire. Noter cette température ici bas.
5. Coincer le ruban de magnésium dans le trou du fil électrique du bouchon de la burette.
6. Installer la burette sur la pince du support universel.
7. Remplir le bécher de 300 ml avec 300 ml d'eau du robinet et le placer sous la burette.
8. À l'aide du cylindre gradué 10 ml, verser dans la burette environ 10 ml d'une solution d'acide chlorhydrique HCl de 2,75M.
9. En gardant la burette dans la même position, la remplir avec de l'eau du robinet (du flacon laveur) jusqu'à ce qu'elle déborde. Insérer le bouchon afin que le ruban de magnésium soit dans la burette.
10. Renverser la burette en tenant le doigt sur le trou du bouchon et introduire l'extrémité de la burette dans l'eau que contient le bécher de 300 ml.
11. Monter la burette sur le support universel.
12. Lorsque les premières bulles atteignent le haut de la burette, démarrer le chronomètre.
13. Noter le temps du chronomètre à tous les 0,5 ml de H<sub>2</sub> produit.
14. Lorsque la dernière bulle atteint le haut de la burette, noter le temps du chronomètre et arrêter le chronomètre.
15. Noter le volume final de H<sub>2</sub> ici bas.
16. À la fin de l'expérience, vider et rincer le matériel. Fixer la burette à l'envers sur le support.

**Tableau de résultats**

Masse Mg	g	
Pression atmosphérique	mm de Hg	kPa
Température	°C	K
Volume final de H <sub>2</sub>	ml	L



### Traitement des résultats

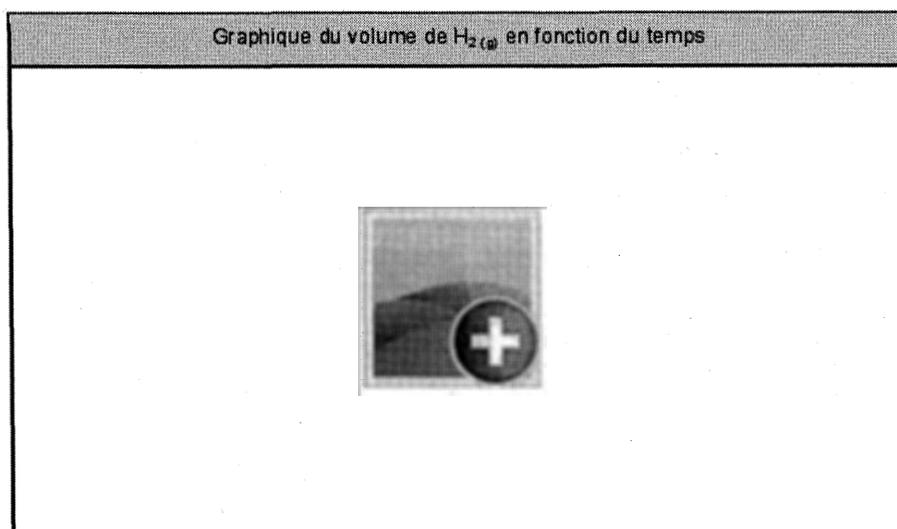
Arrondissez les résultats à 3 chiffres significatifs

1. Donnez la formule permettant de calculer la vitesse moyenne de la réaction (réaction entière) en fonction du magnésium. Calculez cette vitesse en g/s.	
<u>Données</u>	<u>Démarche</u>
2. Convertir la vitesse trouvée précédemment en mole/s.	
<u>Données</u>	<u>Démarche</u>
3. À partir de vos résultats, calculez la vitesse en fonction du H <sub>2</sub> en ml/s.	
<u>Données</u>	<u>Démarche</u>
4. Convertir la vitesse trouvée précédemment en mole/s (utilisez les conditions de pression et de température de la pièce).	
<u>Données</u>	<u>Démarche</u>
5. Comparer la vitesse de réaction exprimée à l'aide du Mg (mole/s) à celle exprimée à l'aide du H <sub>2</sub> (mole/s). Expliquez la relation mathématique attendue entre les 2 vitesses. Est-ce que vos résultats sont concluants?	



6. Insérez le graphique du volume de  $H_{2(g)}$  (ml) en fonction du temps (secondes) obtenu dans le logiciel excel. A la main, tracez la courbe du graphique en reliant tous les points.

### Graphique



7. Calculez, à partir de cette courbe, la vitesse de formation du  $H_{2(g)}$  exprimée en (ml/s) dans la portion de la réaction où la vitesse semble constante. Déterminez si cette vitesse correspond à une vitesse moyenne ou une vitesse ponctuelle et expliquez pourquoi (montrez directement sur le graphique la portion et les coordonnées utilisées).

Données

Démarche complète

Vitesse moyenne <input type="checkbox"/> Vitesse ponctuelle <input type="checkbox"/> Expliquez pour quoi?	
<hr/> <hr/>	
<b>8. Calculez une vitesse instantanée (ml de H<sub>2</sub> (g/s)) à un moment de l'expérience où la vitesse de la réaction augmente en utilisant le graphique (montrez directement sur le graphique la portion et les coordonnées utilisées).</b>	
<u>Données</u>  $v_{\text{inst}}$ à _____ s	<u>Démarche complète</u>
<b>9. Calculez une vitesse instantanée (ml de H<sub>2</sub> (g/s)) à un moment de l'expérience où la vitesse de la réaction diminue en utilisant le graphique tracé (montrez directement sur le graphique la portion et les coordonnées utilisées).</b>	
<u>Données</u>  $v_{\text{inst}}$ à _____ s	<u>Démarche complète</u>

**Brouillon**

APPENDICE B

TÂCHE EXPÉRIMENTALE : GROUPE EXPÉRIMENTAL

Nom : \_\_\_\_\_

Groupe : \_\_\_\_\_

Coéquipier : \_\_\_\_\_

No d'équipe : \_\_\_\_\_

Labo Y

## Vitesse de réaction Mg/HCl

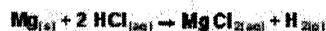
### MISE EN SITUATION

### Un enjeu de taille

En raison de la crise du pétrole et du réchauffement climatique, on entrevoit avec espoir l'utilisation d'un combustible propre, le dihydrogène (H<sub>2</sub>). En effet, celui-ci a l'avantage de ne produire que de l'eau lors de sa combustion. Toutefois, puisque le dihydrogène existe en très petite quantité dans l'atmosphère, sa production demeure un enjeu de taille.

L'une des façons de le produire consiste à faire réagir un métal en présence d'un acide. La vitesse de production du dihydrogène est-elle constante tout au long de la réaction ?

Vous effectuez ici un laboratoire qui vous permettra de calculer la vitesse d'une réaction de différentes façons. Pour ce faire, vous étudierez l'action du magnésium sur l'acide chlorhydrique (HCl), ces éléments réagissant ensemble selon l'équation suivante :



### But

Étudier la vitesse de réaction du magnésium avec l'acide chlorhydrique.

### Matériel disponible

#### Matériel de chimie

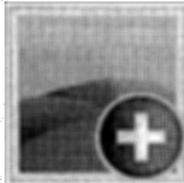
1. Burette de 50 ml
2. Cylindre gradué 10 ml
3. Solution de HCl 2,75 M dans un flacon laveur identifié "HCl"
4. Ruban de magnésium
5. Eau du robinet dans un flacon laveur transparent
6. Fils électrique
7. Bouchon de caoutchouc percé
8. Bêcher de 300 ml
9. Balance analytique
10. Support universel

11. Pince à burette

#### Matériel Lego

1. Brique EV3
2. Capteur tactile
3. Fils capteur/brique
4. Fil brique/portable
5. Pièces de construction

### Conception

Construction
<p data-bbox="603 489 1023 516">Insérez la photo de votre construction <i>LEGO</i> ici</p> 
Programmation
<p data-bbox="592 938 1034 966">Insérez la photo de votre programmation <i>LEGO</i> ici</p> 

### Manipulations

1. Avec les pièces *LEGO* et le capteur tactile, construire une poignée ergonomique.
2. Coder le programme permettant de collecter les données de l'expérience avec le logiciel EV3 (Voir la conception de la page 2).
3. Connecter la brique à l'ordinateur avec le fil USB.
4. Compiler le programme sur la brique.
5. Déconnecter la brique de l'ordinateur.
6. Brancher le capteur tactile au port #1 de la brique.
7. Se procurer un ruban de magnésium d'une longueur d'environ 2 cm.
8. À l'aide de la balance analytique, déterminer la masse du ruban. Noter cette masse ici bas.
9. Déterminer la pression atmosphérique dans le laboratoire. Noter cette pression ici bas.
10. Déterminer la température dans le laboratoire. Noter cette température ici bas.
11. Coincer le ruban de magnésium dans le trou du fil électrique du bouchon de la burette.
12. Installer la burette sur la pince du support universel.
13. Remplir le bécher de 300 ml avec 300 ml d'eau du robinet et le placer sous la burette.
14. À l'aide du cylindre gradué 10 ml, verser dans la burette environ 10 ml d'une solution d'acide chlorhydrique HCl de 2,75M.
15. En gardant la burette dans la même position, la remplir avec de l'eau du robinet (du flacon laveur) jusqu'à ce qu'elle déborde. Insérer le bouchon afin que le ruban de magnésium soit dans la burette.
16. Démarrer le programme de compilation de données sur la brique intelligente.
17. Renverser la burette en tenant le doigt sur le trou du bouchon et introduire l'extrémité de la burette dans l'eau que contient le bécher de 300 ml.
18. Monter la burette sur le support universel.
19. Lorsque les premières bulles atteignent le haut de la burette, appuyer une première fois sur le bouton tactile.
20. Appuyer sur le bouton tactile à tous les 0,5 ml de  $H_2$  produit.
21. Lorsque la dernière bulle atteint le haut de la burette, appuyer une dernière fois sur le bouton tactile.
22. Appuyer sur le bouton central de la brique EV3 lorsque la réaction est terminée.
23. Noter le volume final de  $H_2$  ici bas.
24. À la fin de l'expérience, vider et rincer le matériel. Fixer la burette à l'envers sur le support.
25. Importer les données collectées de la brique au logiciel pour l'analyse.

### Tableau de résultats

Masse Mg	g	
Pression atmosphérique	mm de Hg	kPa
Température	°C	K
Volume final de $H_2$	ml	L

### Traitement des résultats

Arrondissez les résultats à 3 chiffres significatifs

1. Donnez la formule permettant de calculer la vitesse moyenne de la réaction (réaction entière) en fonction du magnésium. Calculez cette vitesse en g/s.

Données

Démarche

2. Convertir la vitesse trouvée précédemment en mole/s.

Données

Démarche

3. À partir de vos résultats, calculez la vitesse en fonction du  $H_2$  en ml/s.

Données

Démarche

4. Convertir la vitesse trouvée précédemment en mole/s (utilisez les conditions de pression et de température de la pièce).

Données

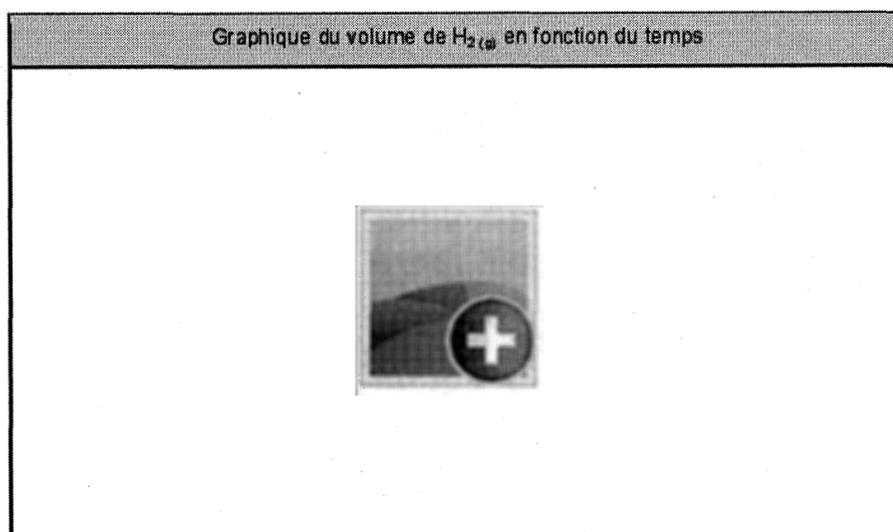
Démarche

5. Comparer la vitesse de réaction exprimée à l'aide du Mg (mole/s) à celle exprimée à l'aide du  $H_2$  (mole/s). Expliquez la relation mathématique attendue entre les 2 vitesses. Est-ce que vos résultats sont concluants?



6. Insérez le graphique du volume de  $H_2(g)$  (mL) en fonction du temps (secondes) obtenu dans le logiciel excel. À la main, tracez la courbe du graphique en reliant tous les points.

### Graphique



7. Calculez, à partir de cette courbe, la vitesse de formation du  $H_2(g)$  exprimée en (mL/s) dans la portion de la réaction où la vitesse semble constante. Déterminez si cette vitesse correspond à une vitesse moyenne ou une vitesse ponctuelle et expliquez pourquoi (montrez directement sur le graphique la portion et les coordonnées utilisées).

Données

Démarche complète

Vitesse moyenne <input type="checkbox"/> Vitesse ponctuelle <input type="checkbox"/> Expliquez pourquoi?	
<hr/> <hr/> <hr/>	
<b>8. Calculez une vitesse instantanée (ml de H<sub>2(g)</sub>/s) à un moment de l'expérience où la vitesse de la réaction augmente en utilisant le graphique (montrez directement sur le graphique la portion et les coordonnées utilisées).</b>	
<u>Données</u>  $v_{\text{inst}}$ à _____ s	<u>Démarche complète</u>
<b>9. Calculez une vitesse instantanée (ml de H<sub>2(g)</sub>/s) à un moment de l'expérience où la vitesse de la réaction diminue en utilisant le graphique tracé (montrez directement sur le graphique la portion et les coordonnées utilisées).</b>	
<u>Données</u>  $v_{\text{inst}}$ à _____ s	<u>Démarche complète</u>

**Brouillon**

APPENDICE C

QUESTIONNAIRE D'INTÉRÊT SITUATIONNEL



APPENDICE D

CORRECTION DE LA TÂCHE EXPÉRIMENTALE

Nom : COR

Coéquipier : COR

Labe Y

## Vitesse de réaction Mg/HCl

### MISE EN SITUATION

### Un enjeu de taille

En raison de la crise du pétrole et du réchauffement climatique, on entrevoit avec espoir l'utilisation d'un combustible propre, le dihydrogène (H<sub>2</sub>). En effet, celui-ci a l'avantage de ne produire que de l'eau lors de sa combustion. Toutefois, puisque le dihydrogène existe en très petite quantité dans l'atmosphère, sa production demeure un enjeu de taille.

L'une des façons de le produire consiste à faire réagir un métal en présence d'un acide. La vitesse de production du dihydrogène est-elle constante tout au long de la réaction ?

Vous effectuez ici un laboratoire qui vous permettra de calculer la vitesse d'une réaction de différentes façons. Pour ce faire, vous étudierez l'action du magnésium sur l'acide chlorhydrique (HCl), ces éléments réagissant ensemble selon l'équation suivante :



### But

Étudier la vitesse de réaction du magnésium avec l'acide chlorhydrique.

### Matériel disponible

#### Matériel de chimie

1. Burette de 50 ml
2. Cylindre gradué 10 ml
3. Solution de HCl 2,75 M dans un flacon laveur identifié "HCl"
4. Ruban de magnésium
5. Eau du robinet dans un flacon laveur transparent
6. Fils électrique
7. Bouchon de caoutchouc percé
8. Bécher de 300 ml
9. Balance analytique
10. Support universel

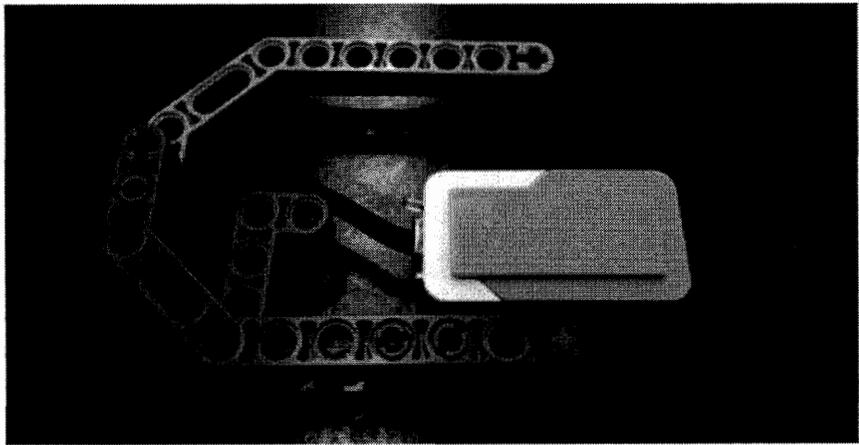
11. Pince à burette

#### Matériel Lego

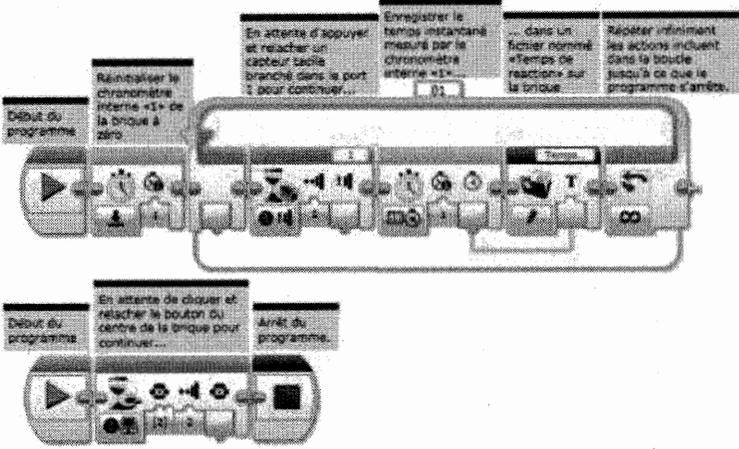
1. Brique EV3
2. Capteur tactile
3. Fils capteur/brique
4. Fil brique/portable
5. Pièces de construction

### Conception

### Construction



### Programmation



### Manipulations

1. Avec les pièces *LEGO* et le capteur tactile, construire une poignée ergonomique.
2. Coder le programme permettant de collecter les données de l'expérience avec le logiciel EV3 (Voir la conception de la page 2).
3. Connecter la brique à l'ordinateur avec le fil USB.
4. Compiler le programme sur la brique.
5. Déconnecter la brique de l'ordinateur.
6. Brancher le capteur tactile au port #1 de la brique.
7. Se procurer un ruban de magnésium d'une longueur d'environ 2 cm.
8. À l'aide de la balance analytique, déterminer la masse du ruban. Noter cette masse ici bas.
9. Déterminer la pression atmosphérique dans le laboratoire. Noter cette pression ici bas.
10. Déterminer la température dans le laboratoire. Noter cette température ici bas.
11. Coincer le ruban de magnésium dans le trou du fil électrique du bouchon de la burette.
12. Installer la burette sur la pince du support universel.
13. Remplir le bécher de 300 ml avec 300 ml d'eau du robinet et le placer sous la burette.
14. À l'aide du cylindre gradué 10 ml, verser dans la burette environ 10 ml d'une solution d'acide chlorhydrique HCl de 2,75M.
15. En gardant la burette dans la même position, la remplir avec de l'eau du robinet (du flacon laveur) jusqu'à ce qu'elle déborde. Insérer le bouchon afin que le ruban de magnésium soit dans la burette.
16. Démarrer le programme de compilation de données sur la brique intelligente.
17. Renverser la burette en tenant le doigt sur le trou du bouchon et introduire l'extrémité de la burette dans l'eau que contient le bécher de 300 ml.
18. Monter la burette sur le support universel.
19. Lorsque les premières bulles atteignent le haut de la burette, appuyer une première fois sur le bouton tactile.
20. Appuyer sur le bouton tactile à tous les 0,5 ml de H<sub>2</sub> produit.
21. Lorsque la dernière bulle atteint le haut de la burette, appuyer une dernière fois sur le bouton tactile.
22. Appuyer sur le bouton central de la brique EV3 lorsque la réaction est terminée.
23. Noter le volume final de H<sub>2</sub> ici bas.
24. À la fin de l'expérience, vider et rincer le matériel. Fixer la burette à l'envers sur le support.
25. Importer les données collectées de la brique au logiciel pour l'analyse.

### Tableau de résultats

Masse Mg	0,0247 g	
Pression atmosphérique	775 mm de Hg	103,3 kPa
Température	22 °C	295,15 K
Volume final de H <sub>2</sub>	25,7 ml	0,0257 L

### Traitement des résultats

Arrondissez les résultats à 3 chiffres significatifs

1. Donnez la formule permettant de calculer la vitesse moyenne de la réaction (réaction entière) en fonction du magnésium. Calculez cette vitesse en g/s.	
<b>Données</b> $m_{Mg} = 0,0247 \text{ g}$ $t_{rx} = 893,4 \text{ s}$ $v_{Mg} = ?$	<b>Démarche</b> $v_{Mg} = m_{Mg} / t_{rx} = 0,0247 \text{ g} / 893,4 \text{ s} = 2,76 \times 10^{-5} \text{ g/s}$
2. Convertir la vitesse trouvée précédemment en mol/s.	
<b>Données</b> $v_{Mg} = 2,76 \times 10^{-5} \text{ g/s}$ $M_{Mg} = 24,31 \text{ g/mol}$	<b>Démarche</b> $v_{Mg} = \frac{v_{Mg}}{M_{Mg}} = \frac{2,76 \times 10^{-5} \text{ g/s}}{24,31 \text{ g/mol}} = 1,14 \times 10^{-6} \text{ mol/s}$
3. À partir de vos résultats, calculez la vitesse en fonction du H <sub>2</sub> , en ml/s.	
<b>Données</b> $V_{H_2} = 25,7 \text{ ml}$ $t_{rx} = 893,4 \text{ s}$ $v_{H_2} = ?$	<b>Démarche</b> $v_{H_2} = \frac{V_{H_2}}{t_{rx}} = \frac{25,7 \text{ ml}}{893,4 \text{ s}} = 0,0288 \text{ ml/s}$
4. Convertir la vitesse trouvée précédemment en mole/s (utilisez les conditions de pression et de température de la pièce).	
<b>Données</b> $P_{H_2} = 103,3 \text{ kPa}$ $V_{H_2} = 0,0257 \text{ L}$ $T_{H_2} = 295,15 \text{ K}$ $t_{rx} = 893,4 \text{ s}$ $n_{H_2} = ?$ $v_{H_2} = ?$	<b>Démarche</b> $P_{H_2} V_{H_2} = n_{H_2} R T_{H_2}$ $n_{H_2} = \frac{P_{H_2} V_{H_2}}{R T_{H_2}} = \frac{103,3 \text{ kPa} \cdot 0,0257 \text{ L}}{8,314 \text{ kPa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K}) \cdot 295,15 \text{ K}} = 0,00108 \text{ mol}$ $v_{H_2} = \frac{n_{H_2}}{t_{rx}} = \frac{0,00108 \text{ mol}}{893,4 \text{ s}} = 1,21 \times 10^{-6} \text{ mol/s}$
5. Comparer la vitesse de réaction exprimée à l'aide du Mg (mole/min) à celle exprimée à l'aide du H <sub>2</sub> (mole/min). Expliquez la relation mathématique attendue entre les 2 vitesses. Est-ce que vos résultats sont concluants?	

$$v_{Mg} = 1,14 \times 10^{-6} \text{ mol/s}$$

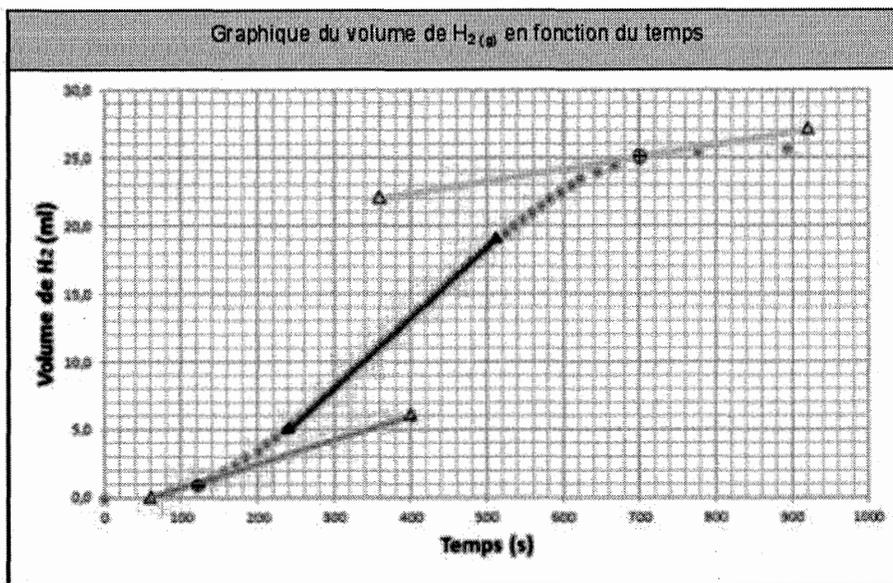
$$v_{H_2} = 1,21 \times 10^{-6} \text{ mol/s}$$

$$v_{Mg} \approx v_{H_2}$$

La vitesse de disparition du Mg et la vitesse de formation du  $H_2$  devrait être égale puisque, dans l'équation de la réaction, leur coefficient stoechiométrique est le même. Lorsqu'une mole de Mg disparaît, une mole de  $H_2$  se forme. Nos résultats sont concluants puisque le pourcentage d'écart entre les deux valeurs est de 5,87%, ce qui est inférieur à 10%.

6. Insérez le graphique du volume de  $H_2(g)$  (ml) en fonction du temps (minutes) obtenu dans le logiciel excel. À la main, tracez la courbe du graphique en reliant tous les points.

### Graphique



7. Calculez, à partir de cette courbe, la vitesse de formation du  $H_2(g)$  exprimée en (ml/s) dans la portion de la réaction où la vitesse semble constante. Déterminez si cette vitesse correspond à une vitesse moyenne ou une vitesse ponctuelle et expliquez pourquoi (montrez directement sur le graphique et dans votre démarche, les coordonnées utilisées).

Données	Démarche complète
Point 1 : (240s ; 5,0ml) Point 2 : (510s ; 19,0ml)	$v_{moy} = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{19,0\text{ml} - 5,0\text{ml}}{510\text{s} - 240\text{s}} = 0,0519 \text{ ml/s}$

Vitesse moyenne	Vitesse ponctuelle <input type="checkbox"/>	Expliquez pourquoi?
<p><u>C'est une vitesse moyenne puisqu'elle est calculée dans un intervalle de temps de 116 à 136 secondes dans notre cas. Alors qu'une vitesse ponctuelle est calculée à un moment précis.</u></p>		
<p>8. Calculez une vitesse instantanée (ml de H<sub>2(g)</sub>/s) à un moment de l'expérience où la vitesse de la réaction augmente en utilisant le graphique (montrez directement sur le graphique la portion et dans votre démarche, les coordonnées utilisées).</p>		
<p><u>Données</u></p> <p><math>v_{\text{inst}}</math> à <u>120</u> s</p> <p>Point 1 : (60s, 0,0ml)</p> <p>Point 2 : (400s, 6,0ml)</p>	<p><u>Démarche complète</u></p> $v_{\text{inst}} = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{6,0\text{ml} - 0,0\text{ml}}{400\text{s} - 60\text{s}} = 0,0176 \text{ ml/s}$	

<p>9. Calculez une vitesse instantanée (ml de H<sub>2(g)</sub>/s) à un moment de l'expérience où la vitesse de la réaction diminue en utilisant le graphique tracé (montrez directement sur le graphique la portion et dans votre démarche, les coordonnées utilisées).</p>		
<p><u>Données</u></p> <p><math>v_{\text{inst}}</math> à <u>700</u> s</p> <p>Point 1 : (360s, 22,0ml)</p> <p>Point 2 : (920s, 27,0ml)</p>	<p><u>Démarche complète</u></p> $v_{\text{inst}} = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{27,0\text{ml} - 22,0\text{ml}}{920\text{s} - 360\text{s}} = 0,00893 \text{ ml/s}$	

Brouillon

