



HAL
open science

Aborder une séquence en robotique à l'école élémentaire

Pierre Chevalier, Marie Wenckowski

► **To cite this version:**

Pierre Chevalier, Marie Wenckowski. Aborder une séquence en robotique à l'école élémentaire. Education. 2019. dumas-03263491

HAL Id: dumas-03263491

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03263491>

Submitted on 17 Jun 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial 4.0 International License

Master Métiers de l'enseignement et de l'éducation et de la formation

Mention 1 – MASTER 2

Aborder une séquence en robotique à l'école élémentaire



Mémoire présenté en vue de l'obtention du Grade de Master soutenu par

Pierre CHEVALIER

Marie WENCKOWSKI

Directeur de mémoire : Béatrice DROT-DELANGE

Année universitaire 2018-2019

Table des matières

Remerciements	4
Résumé	5
Abstract.....	5
Introduction	6
Cadre théorique.....	7
1. Point de vue scientifique	7
2. Point de vue ministériel	9
2.1 Dans le socle.....	9
2.2 Dans les programmes.....	10
Hypothèses et problématique.....	11
Cadre méthodologique.....	12
1. Contexte de l'étude	12
2. Mise en place de l'étude.....	12
3. Scénario pédagogique	14
3.1 Cycle 2.....	14
3.2 Cycle 3.....	16
Matériel.....	19
Résultats.....	20
1. Première analyse : Les élèves en difficulté.....	20
2. Seconde analyse : différence inter-modalité	21
3. Troisième analyse: la possibilité de changement de point de vue	22
Discussion.....	24
1. Les types d'erreurs	25
2. Les types de stratégies	27
3. Les types de codage	30

4. Autres constats	31
Conclusion	32
Références	34
Annexes	37

Remerciements

Nous remercions Céline, Myriam et Charlotte, enseignantes, d'avoir accepté que nous réalisions notre étude dans leur classe et de nous avoir permis de mener ce projet à bien.

Nous remercions également les élèves pour leur implication et leur participation à ce projet.

Nous tenons tout particulièrement à remercier madame Béatrice DROT-DELANGE, notre directrice de mémoire, qui nous a éclairés dans nos choix et sans laquelle ce projet n'aurait pas pu aboutir.

Résumé

Dans le cadre de l'enseignement de la robotique à l'école primaire, il existe un consensus tacite selon lequel il est préférable de commencer la transmission par une approche débranchée puis de passer sur des modalités branchées. Face à cela, nous nous sommes posés la question de l'intérêt d'une telle approche et des différences qu'il pourrait y avoir entre une approche dans cet ordre ou dans l'ordre inverse. Notre étude prend donc place dans un cadre d'enseignement de la robotique, du codage de déplacements et de l'acquisition de la pensée informatique. Nous nous sommes donc principalement intéressés à la compréhension et à la capacité de production des élèves d'un codage de déplacements d'un robot sur une surface plane avec des contraintes. Nous avons pu observer trois niveaux, des CE1, issus d'une classe de CP-CE1 et d'une classe de CE1-CE2, et un double niveau CM1-CM2.

Abstract

In the teaching of robotics field in primary school there is a tacit consensus. According to it, it is better to start the lesson with disconnected activities and then move on to connected ones. We asked ourselves the question of the value of this approach and the difference that could be between a lesson who follow the consensus and its order and a lesson in the opposite order. Our study takes place in the teaching robotics field, travel coding and the acquisition of computer thinking. We were mainly interested in the students understanding and production capacity of a robot moving coding on a flat surface. We were able to observe two classes, one of the second grade and one of the fourth grade, mixed grades.

Mots clés : Robotique, débranché, branché, codage, déplacements, différenciation, stratégies

Introduction

Cette étude a été menée dans le cadre du mémoire d'initiation à la recherche de la seconde année de master à l'ESPE de Chamalières. Dans l'optique de notre future pratique enseignante, dans un monde toujours plus numérique et toujours plus informatisé, nous nous sommes intéressés à l'enseignement de la robotique et du codage à l'école élémentaire. En effet la culture numérique est aujourd'hui présente à chaque moment de notre quotidien aussi bien dans notre foyer à travers l'ordinateur, les SmartTV ou les jeux vidéo, mais aussi dans notre vie professionnelle avec les TBI pour les enseignants, les smartphones ou encore les distributeurs automatiques de boissons.

Face à la société actuelle, il paraît nécessaire que les élèves développent des compétences et des connaissances relatives à l'informatique, la robotique et au fonctionnement des algorithmes afin de pouvoir évoluer et se repérer dans le monde qui sera le leur. C'est aujourd'hui une nécessité que de savoir utiliser et comprendre les machines qui nous environnent afin de pouvoir interagir avec efficacité et intelligence sur le monde qui nous entoure (MEN, 2015a). Un rapport de l'Académie des sciences (2013, p.8) suggère de mettre en place, dès le plus jeune âge, des curricula d'informatique qui visent à :

“donner à tous les citoyens les clés du monde du futur, qui sera encore bien plus numérique et donc informatisé que ne l'est le monde actuel, afin qu'ils le comprennent et puissent participer en conscience à ses choix et à son évolution plutôt que de le subir en se contentant de consommer ce qui est fait et décidé ailleurs”.

Dans ce cadre, nous nous sommes donc intéressés aux diverses approches pédagogiques et didactiques en la matière afin d'avoir des informations sur la manière de mener ce type d'apprentissages dans une classe. Nous nous sommes principalement penchés sur la composante algorithmique du codage de déplacement dans un plan fixe en 2D, sur la distinction entre point de vue absolu et relatif ou allocentré et autocentré (Boucher & Walter, 2018), et par extension sur le développement de la pensée informatique (Wing, 2006, cité par Spach, 2015) chez les élèves du premier degré. Le point de vue absolu ou allocentré prend pour référence l'individu qui donne les instructions de déplacement. Les codages donnés dans cette disposition seront génériques, du type *“haut, bas, droite, gauche”*. Le problème étant qu'un tel codage ne permet pas à tous de le comprendre, si le destinataire n'est pas orienté de la même façon que le programmeur. Ainsi la traduction du code sera fautive. Un point de vue relatif, ou autocentré, se réfère à l'orientation de l'objet déplaçable et demande une

décentration : il est plus difficile à mettre en place. Une production en terme de codage en point de vue relatif serait du type “*Avancer, reculer, tourner à gauche, tourner à droite*”. Ainsi l’algorithme issu de ce point de vu sera compréhensible et effectif pour tous car le point de vue de référence est celui de l’objet. La différence entre ces deux points de vue est essentielle lorsqu’il s’agit d’apprendre la robotique et d’utiliser le codage de déplacements.

Au cours des recherches et des informations que nous avons récoltées, nous nous sommes retrouvés confrontés à un consensus pédagogique selon lequel il faudrait commencer les enseignements de robotique par une approche débranchée, c’est-à-dire sans manipulation, puis poursuivre avec des activités branchées (Chessel Lazzarotto, 2018). Ce procédé implique la manipulation d’un objet tangible (Komis & Misirli, 2013), cela permet aux élèves d’acquérir un vocabulaire et une compréhension en lien avec la programmation.

Malgré nos lectures nous n’avons pas trouvé de recherches ou d’articles scientifiques affirmant ou infirmant cette méthode. C’est donc dans cet état d’esprit que nous avons cherché à savoir si l’approche de ces enseignements avait un impact ou non sur les élèves et leur compréhension et s’il est vraiment profitable de commencer ce genre d’apprentissage avec des notions théoriques avant de passer aux étapes de manipulation.

Cadre théorique

L’école joue un rôle clé dans les apprentissages, c’est pourquoi il semble nécessaire d’aborder la question de l’informatique et des algorithmes au sein de l’institution scolaire. En effet, bien que l’informatique soit présente dans tous les aspects de la vie courante, il semble important de sensibiliser et d’éduquer les enfants à ce sujet.

1. Point de vue scientifique

Selon Giannoula et Baron (2002), sans enseignement, la compréhension et la conceptualisation des processus mis en jeux dans une action est limitée. Cela fait écho aux travaux de Baron et Bruillard (2001) selon qui il est nécessaire pour l’élève de s’approprier le mode opératoire d’une nouvelle culture (ici la culture numérique) pour qu’il s’empare des concepts sous-jacents et ainsi évoluer dans son utilisation et sa compréhension du monde. Dans le but d’amener les élèves à cette prise de conscience et sortir de l’utilitarisme sans

réflexion, il est important de faire en sorte qu'ils utilisent et manipulent l'objet technique. Cette manipulation, cadrée par l'enseignant, prendra le nom d'activité branchée et reposera, entre autres, sur l'approche instrumentale définie par Rabardel (1995). La prise en compte des contraintes et des possibilités intrinsèques du robot mises en relation avec les connaissances et les nécessités de l'élève, fera passer l'objet au statut d'outil. Aussi la compréhension de ce fonctionnement pourrait, par analogie, être étendue aux objets dont le fonctionnement est similaire.

Toutefois, le codage et la compréhension de l'algorithmique ne passent pas obligatoirement par la seule manipulation : il est possible de pratiquer l'informatique sans ordinateur (Bell, Witten et Fellow, 2014). De plus comme Baron, Bruillard (2001) et Fluckinger (2008) ont pu l'écrire, la seule manipulation ne suffit pas à comprendre les concepts sous-jacents à l'action et au développement des compétences (Fluckinger, 2008). Au lieu de comprendre la globalité du système utilisé, il y aurait l'illusion d'un apprentissage des concepts (Baron et Bruillard, 2001). C'est pourquoi aux activités dite "branchées" on associera des activités théoriques que l'on appellera activités débranchées afin de permettre l'acquisition et le développement des compétences et connaissances associées.

La robotique et le codage algorithmique sont apparus dans les années soixante et sont dus, entre autre, à Seymour Papert et Wallace "Wally" Feurzeig grâce à la création du langage LOGO, utilisé et diffusé dans la robotique pédagogique par William Grey Walter à travers ses robots-tortues. Les premières études sur l'effet de la programmation dans un environnement LOGO, montrent une hausse des compétences en mathématiques chez les sujets (Clements & Meredith, 1992 cité par Touloupaki, Baron & Komis, 2018), ce qui est plutôt prometteur pour l'avenir de l'enseignement et l'utilisation des algorithmes.

Au fil du temps les langages de programmation ont évolué et se sont complexifiés, de même que les robots se sont démocratisés, ont changé de forme et d'utilité. Toutefois il existe aujourd'hui des langages de programmation tels que Blockly ou ScratchJr où le code et l'interface sont simplifiés pour correspondre aux développements cognitifs, personnels et affectifs des enfants (Resnick et al., 2013). Ainsi, des robots beaucoup plus accessibles pour un public néophyte en matière de programmation et d'algorithmique tels que Thymio,

BlueBot ou BeeBot ont vu le jour. Par la suite, l'utilité et la place de la programmation à l'école est un sujet qui a beaucoup intéressé les chercheurs depuis les années 2000. Il a été démontré que la robotique pédagogique en milieu scolaire était très fertile sur le plan cognitif via l'utilisation de robots. Elle permet ainsi d'améliorer les compétences en mathématiques, la compréhension des processus ainsi que la pensée informatique (Wing, 2006 cité par Spach, 2015) par l'acquisition des concepts, notions et savoir-faire en lien avec l'informatique (Misirli et Komis, 2011).

2. Point de vue ministériel

L'éducation nationale, par le biais des nouveaux programmes de 2018 et le socle commun de connaissances, de compétences et de culture de 2015, met l'accent sur l'apprentissage et la maîtrise des compétences algorithmiques et informatiques des élèves.

2.1 Dans le socle

Une séquence en robotique et codage permet de développer bon nombre de connaissances et compétences mises en évidence dans les cinq domaines du socle (MEN, 2015a) :

- Concevoir des programmes et algorithmes grâce au langage informatique approprié (Domaine 1 : les langages pour penser et communiquer)
- Identifier un problème et le résoudre avec les connaissances antérieures et les éventuelles erreurs produites (Domaine 2 : les méthodes et outils pour apprendre)
- Travailler en groupe, discuter les idées pour trouver un consensus en argumentant et en acceptant les idées des autres (Domaine 2 : les méthodes et outils pour apprendre)
- Coopérer (Domaine 3 : la formation de la personne et du citoyen)
- Mener une démarche d'investigation et donner ses résultats en utilisant le vocabulaire scientifique adéquat (Domaine 4 : les systèmes naturels et les systèmes techniques)
- Se repérer dans l'espace en fonction d'une échelle donnée (Domaine 5 : les représentations du monde et l'activité humaine)

L'utilisation des cinq domaines du socle commun démontre la transversalité du thème et la place importante que la culture du numérique prend dans l'enseignement primaire.

2.2 Dans les programmes

Les compétences et connaissances, évoquées dans le socle, relatives au sujet, sont plus amplement détaillées dans les programmes de 2018. En effet, on les retrouve en partie dès la maternelle pour ce qui est du repérage dans l'espace et de l'utilisation d'objets et d'outils numérique (MEN, 2015b).

À partir de l'école élémentaire, on commence à aborder les notions plus techniques et la manipulation d'objets ainsi que l'utilisation d'outils numériques de manière plus poussée (MEN, 2018a ; MEN, 2018b).

En CP, les élèves débutent par coder des déplacements de l'environnement scolaire (classe, école), puis ils peuvent commencer à concevoir des programmes sur logiciel en CE1 pour s'initier à la production d'algorithmes simples en CE2. Autrement dit, en terme de progressivité, les élèves commencent par un codage simple, en débranché et/ou en branché, de déplacements dans un environnement très proche, puis ils prennent connaissance de logiciels de codage en langage de programmation en adéquation avec leur niveau de compréhension. Ce qui les amènera en CE2 à produire des algorithmes à destination d'autrui. En fin de cycle, les élèves devront être capables de "(se) repérer et (se) déplacer en utilisant des repères" (MEN, 2018a).

Au cycle 3, il s'agit d'approfondir les notions abordées au cycle 2 et de proposer des activités d'une difficulté supérieure (algorithmes et programmes plus complexes). En fin de cycle, les élèves devront être capables de "(se) repérer et (se) déplacer dans l'espace en utilisant ou en élaborant des représentations" (MEN, 2018b).

Cette prise de conscience du gouvernement quant à l'éducation des futurs citoyens français a eu pour effet de faire apparaître une multitude de ressources pédagogiques et didactiques visant à aider les enseignants dans leur pédagogie. Nous nous sommes donc intéressés à cela afin de voir comment étaient construits les séances proposées et les conseils donnés aux professionnels de l'enseignement.

Certaines sources telles que Eduscol ou encore l'ouvrage [1, 2, 3, Codez!](#) de la Main à la pâte, semblent faire consensus dans le milieu de l'enseignement des sciences à l'école.

L'architecture de ces documents pédagogiques est très similaire, les séquences commencent dans un premier temps par des séances débranchées, sans manipulation directe des robots et sans activité utilisant le matériel informatique. S'en suivent alors des activités dans lesquelles des robots ou des logiciels informatiques sont mis à disposition des élèves afin de répondre à des situations problèmes nécessitant l'utilisation des connaissances et des compétences développées durant la première partie.

Hypothèses et problématique

Ce cadre théorique et les lectures qui y sont associées ont soulevés une interrogation relative aux effets des enseignements dispensés dans le premier degré vis à vis de la programmation, principalement en robotique. Nous nous sommes alors demandés en quoi les différentes façons d'aborder la robotique en classe pourraient orienter la compréhension de la relation codage/robot pour les élèves.

Face à cette question nous avons fait plusieurs hypothèses de recherche afin de cadrer notre futur travail d'analyse. Dans un premier temps nous pensions que la façon d'aborder une séquence de robotique allait engendrer une acquisition différente des compétences chez les élèves. Il nous semblait que cela pourrait être considéré comme un outil de différenciation au sein de la classe. Nous supposions que les élèves les plus en difficulté auraient de meilleurs résultats, s'ils commençaient par la composante branchée. Ensuite, sans prendre en compte la différenciation par niveau scolaire, nous nous sommes demandés si, de manière globale, commencer par la manipulation n'allait pas permettre une meilleure compréhension des aspects théoriques et de la relation codage/robot. Et enfin, nous nous sommes intéressés à la compréhension des élèves relative aux différents points de vue abordés dans le codage (absolu et relatif). Nous pensions initialement, qu'un élève ayant commencé par une séquence en activité branchée serait plus à même de comprendre et de passer d'un point de vue à l'autre, en comparaison avec un élève ayant commencé par une composante débranchée.

Cadre méthodologique

1. Contexte de l'étude

L'étude que nous avons menée dans le cadre de l'enseignement des sciences à l'école élémentaire s'est effectuée sur un total de 44 élèves divisés en quatre groupes, deux par condition expérimentale. Deux niveaux de classes ont été étudiés, un CE1 comprenant 18 élèves, 8 d'une classe de CP-CE1 et 10 d'une classe de CE1-CE2, et une classe de CM1-CM2 comprenant 26 élèves. Cette étude regroupait alors deux cycles différents de l'école élémentaire et s'est déroulée sur une période de trois semaines par classe.

Afin de contrer la variabilité dans la façon de mener les séances, notre méthodologie était cadrée par des séances que nous avons créées nous-même. Au sein d'une classe notre étude se développait en deux phases distinctes, elles-mêmes subdivisées en plusieurs séances. La première séquence se concentrant majoritairement sur l'apprentissage débranché du codage de déplacements. La seconde, elle, était axée sur l'aspect branché de la programmation robotique. Lors de notre expérimentation nous avons alterné l'ordre des phases. Deux des demi-classes ont commencé leur apprentissage des déplacements par la phase de codage en débranché puis ont continué sur la phase de codage en branché. Les deux demi-classes restantes ont commencé leur apprentissage par la phase branchée et ont poursuivi avec la phase débranchée.

2. Mise en place de l'étude

Nous avons élaboré des variations expérimentales entre les différents cycles afin d'adapter les enseignements et la charge de travail des élèves en fonction de leur niveau de classe. Nous allons préciser dans ce paragraphe de quoi il est question. L'étude que nous avons menée portait donc sur deux cycles. Le premier niveau étudié était un CE1 comprenant 18 élèves de deux classes différentes. Le premier groupe comprenait 10 élèves participant à la modalité branché-débranché (bd). Le second groupe comportait 8 élèves qui suivaient les enseignements dans l'ordre "classique" débranché-branché (db).

Un total de six séances par demi-groupe a été dispensé pour notre étude (trois branchées et trois débranchées). Les activités débranchées étaient attirantes pour les élèves via un enrobage

permettant de susciter la motivation, engageant le corps de l'élève pour certaines et favorisant la coopération des enfants (Drot-Delange, 2013).

Le second groupe d'élèves étudié était une classe à double niveau CM1-CM2. Nous avons divisé la classe en deux groupes expérimentaux en respectant le niveau de classe. Nous avons donc deux groupes expérimentaux supplémentaires, le premier composé d'élèves de CM1, au nombre de 15, qui passait dans la condition branché-débranché. Le second groupe était formé des 11 élèves de CM2 restant, pour eux l'enseignement de la robotique passait par la condition débranché-branché. Pour chacune des conditions expérimentales, les élèves ont assistés à une totalité de six séances (trois branchées et trois débranchées).

Le recueil des données s'est déroulé selon plusieurs modalités, la première étant quantitative via une évaluation sommative qui intervenait à la fin de la séquence. Les élèves étaient testés sur feuille par deux exercices. L'un testant la capacité des élèves à coder les déplacements d'un robot et l'autre évaluant la capacité de décodage d'un algorithme (*voir annexes I, II et III*). Pour chaque cycle la même forme d'évaluation était respectée, toutefois une différenciation a été appliquée en fonction de leur niveau scolaire afin d'adapter la difficulté de la tâche et l'habillage. Afin de prévenir le recopiage entre les élèves il existait plusieurs algorithmes et trajets différents au sein des groupes.

Pour coder ces données en vue de les analyser nous avons utilisé un barème simple selon lequel chaque instruction correctement codée ou décodée rapportait un point à l'élève, lui donnant un score reflétant le nombre d'items justes sur le nombre d'items au total (*voir annexe IV*).

Ensuite, afin d'analyser et de confronter les données des sujets et des groupes, nous avons calculé pour chaque individu un pourcentage de réussite globale, un pourcentage de réussite relatif à l'activité de codage et un pourcentage de réussite relatif à l'activité de décodage (*voir annexe V*).

Nous avons également utilisé des données qualitatives que nous avons observées in situ. Ces observations ont été relevées et consignées par écrits ou par enregistrement vidéo. Ces données ont été analysées à posteriori et mises en relations avec les données quantitatives afin de les appuyer.

3. Scénario pédagogique

Afin de mener notre étude nous avons créé et mis en place quatre séquences. Deux d'entre elles prenant part à la composante débranchée et les deux autres à la composante banchée. Même si les séances appartenant à la même modalité semblent similaires il existe des variations dues à l'adaptation au niveau de chaque cycle.

3.1 Cycle 2

Pour les élèves de CE1, la séquence débranchée était composée de trois séances, réparties de la manière suivante :

Une première phase consistait en la présentation au groupe d'un quadrillage projeté au tableau (*voir annexe VI*). Ce quadrillage était présenté sous un habillage ludique permettant aux élèves d'être impliqués dans la tâche. Sur ce quadrillage apparaissaient une case de départ, une case d'arrivée ainsi que le trajet à effectuer. Les élèves prenaient part à une discussion collective afin de déterminer quel étaient les instructions à transmettre au personnage pour qu'il suive le trajet inscrit sur le document. Les élèves étaient invités au tableau afin de tester leurs propositions. Suite à cela on déterminait avec les élèves un type d'instruction à émettre, ainsi que le vocabulaire à utiliser. Pour faciliter la compréhension des élèves nous avons précisé la méthode de comptage de cases, en passant par des exemples concrets (ex : jeu de l'oie) ou par des déplacements physiques.

Puis, par groupe de deux les élèves avaient des paires de quadrillages comportant une case départ et une case arrivée. Un des membres du binôme possédait un trajet tracé tandis que, le quadrillage du second ne comportait que les cases d'arrivée et de départ. L'élève possédant le trajet devait guider son partenaire par des propositions langagières afin de lui faire tracer le trajet inscrit sur son document.

Après cet exercice, le groupe revenait vers le tableau où était projeté le premier quadrillage avec, en-dessous, une bande destinée à coder les déplacements. Cette fois, au lieu d'utiliser des commandes orales, les élèves avaient pour tâche de trouver des moyens graphiques de coder les déplacements. Si la solution n'était pas proposée par les élèves, ils étaient amenés à utiliser le codage fléché (par exemple en proposant une réflexion sur le code de la route ou l'utilisation du GPS). Des élèves étaient appelés afin de coder les déplacements de l'objectif en passant au tableau.

La phase suivante commençait par une remobilisation des compétences développées lors de la séance précédente. Puis un nouveau quadrillage était projeté au tableau (*voir annexe VII*). Il comportait en plus des cases d'arrivée et de départ, des cases interdites et une bande où coder le trajet dessiné au préalable. Les élèves venaient au tableau pour écrire le code. Ensuite, par groupe de deux, les élèves devaient coder des déplacements sur un corpus de cinq quadrillages où le trajet était inscrit. Une fois cette activité terminée, le quadrillage était à nouveau affiché au tableau mais cette fois sans trajet inscrit mais avec un code écrit sur la bande de programmation. Les élèves avaient pour tâche de dessiner le trajet correspondant au codage proposé.

Après cette activité les élèves retournaient en binômes et de nouveau un corpus de cinq quadrillages leur était proposé, cette fois codés et sans trajet. Leur tâche était de trouver le chemin correspondant.

La troisième phase d'activités débranchées commençait par un travail en binôme où les élèves avaient en leur possession quatre fiches comportant des quadrillages associés à des bandes programmables. Deux d'entre eux possédaient des trajets déjà tracés, les élèves devaient alors coder les différents parcours (*voir annexe VIII*). Les deux autres comportaient les codes et les élèves devaient retracer les trajets correspondants. Chaque fiche présentait trois trajets différenciés par des couleurs, l'association de ces trajets donnait la solution pour aller du départ à l'arrivée (*voir annexe IX*).

La séquence de robotique branchée comportait 3 séances:

Lors de la première séance, les élèves, en individuel, avaient pour tâche de produire un dessin représentant l'idée qu'ils se faisaient d'un robot. Les productions étaient par la suite affichées au tableau. Cela permettait d'initier un dialogue quant aux fonctionnements et apparences possibles d'un robot. Cela aboutissait à une définition générale de ce qu'est un robot, tout en gardant des termes compréhensibles par les élèves. Ensuite, un Bee Bot était présenté et une réflexion était amenée sur la nature de l'objet et sa façon de fonctionner via une description faite par les élèves. Ensuite, en individuel, un temps de manipulation libre était proposé aux élèves avec pour objectif de trouver comment l'allumer et les actions produites par les boutons. Pour finir la séance, un retour collectif était organisé afin d'établir

ensemble les fonctionnalités des boutons du robot, symbolisées par des flashcards affichées au tableau.

Dans la séance suivante, la première activité était le jeu du “robot idiot”. Cette mise en activité physique permettait de développer leur compréhension de la relation codage/robot du point de vue relatif. Ensuite, une mise en commun était faite afin de mettre en évidence les instructions utilisées par les élèves. Puis, un rappel sur les boutons de Bee Bot était fait afin que tous les élèves aient bien en tête les instructions possibles. Après, en binômes, les élèves devaient coder de multiples trajets sur des bandes de papier afin que Bee Bot puisse atteindre la case d’arrivée en partant de la case de départ, sur un quadrillage de 3x4. Enfin, les codes étaient affichés au tableau permettant de les valider ou les invalider et de se rendre compte de la variété des codes possibles.

La dernière séance commençait par une réflexion sur la rapidité des différents trajets, lesquels étaient supposément plus ou moins rapides que les autres. Ces hypothèses étaient ensuite validées ou invalidées via un chronométrage réalisé par les élèves. L’activité suivante reposait sur un quadrillage de 4x6 sur lequel étaient représentées des cases obligatoires et des cases interdites, en plus des cases de départ et d’arrivée (*voir annexe X*).

3.2 Cycle 3

Pour les élèves de la classe de CM1-CM2, la séquence débranchée était composée de 3 séances.

La première séance était une présentation au groupe d’un quadrillage (*voir annexe XI*). Il était projeté au tableau et était présenté sous un enrobage en lien avec une lecture de la classe, permettant aux élèves de s’engager davantage dans l’activité. Sur ce quadrillage, apparaissaient une case de départ et une case d’arrivée. Toutefois, le trajet à effectuer n’était pas affiché. Les élèves devaient expliciter en collectif les différents déplacements du personnage et ainsi trouver les instructions en adéquation avec un trajet à définir, menant la cible jusqu’à sa case d’arrivée. Suite à cela, une réflexion en collectif était menée en vue de déterminer les différentes instructions et mots à utiliser pour guider un sujet dans ses déplacements sur un quadrillage. Un point de vigilance était apporté sur la méthode de comptage des cases.

L'activité suivante se déroulait en binôme. Chacun des membres avait en sa possession une fiche avec un quadrillage (*voir annexe XII*). Un des deux élèves avait une grille avec seulement une case départ, tandis que l'autre avait les informations complètes, c'est à dire, le départ, l'arrivée ainsi que le parcours à effectuer. Ce dernier devait donc guider son compère à l'aide d'instructions orales issues du répertoire commun établi précédemment.

Ensuite, les élèves revenaient en collectif afin de réfléchir ensemble à la manière de dessiner un ordre (sous forme de flèche). Les élèves passaient au tableau afin de produire le code du parcours tracé.

La seconde séance commençait par une activité de mise en situation des élèves, répartis en binômes. Ils devaient trouver le codage des trajets tracés sur les fiches d'exercices. En tout, quatre fiches étaient proposées aux binômes. Deux grilles étaient proposées aux élèves avec un trajet déjà tracé à coder ainsi qu'un parcours quelconque à tracer et à coder (*voir annexe XIII*). Les deux autres grilles comportaient des cases interdites. La tâche pour le binôme était de trouver un chemin pour relier le départ et l'arrivée et d'en écrire le codage (*voir annexe XIV*). Par la suite, quelques-uns des codes produits étaient mis en comparaison afin de voir lesquels étaient fonctionnels.

Ensuite, une phase collective était mise en place afin de préparer la séance suivante. Cette phase se concentrait sur l'exercice du codage/décodage d'un trajet global composé de trois sous-trajets.

La troisième et dernière séance commençait alors par l'activité de codage/décodage du "trajet composé". Les élèves étaient répartis en binômes. Chaque groupe avait en sa possession, en début de séance, une grille faisant apparaître les trois sous-trajets. Les binômes avaient aussi à leur disposition trois bandes de papier sur lesquelles ils devaient inscrire les codes de chacun des parcours dessinés sur leur quadrillage (*voir annexe XV*).

Suite à cela, les binômes communiquaient au groupe à un autre groupe un quadrillage vierge correspondant à celui qu'ils avaient ainsi que les trois bandes de code. Le but était donc de réussir à décoder les messages réceptionnés afin de les retranscrire sur les quadrillages vierges et de trouver le bon paterne. La dernière phase consistait en une comparaison entre le quadrillage d'origine et celui produit par le binôme.

La séquence de robotique branchée était formée de 3 séances:

La première séance consistait en un recueil de représentations initiales. Par groupe de trois, les élèves devaient produire une affiche sur laquelle devait apparaître une ou des représentation(s) graphique(s) de robot(s) ainsi que des mots clés et/ou définitions répondant à la question “qu’est-ce qu’un robot”. Ensuite, les productions étaient affichées au tableau et discutées en collectif. Une définition commune était élaborée à la suite d’une discussion entre les élèves.

Suite à cela, un Bee Bot était présenté aux élèves qui devaient déterminer le type d’objet technique auquel il appartenait en le décrivant. Une fois l’objet défini comme étant un robot, s’en suivait alors un temps de manipulation libre durant lequel les élèves devaient explorer les fonctionnalités du robot et déterminer les effets produits par chaque bouton. Un retour en collectif permettait d’institutionnaliser le fonctionnement du Bee Bot.

La séance suivante débutait par le jeu du robot idiot. Cette phase de mise en activité corporelle permettait aux élèves de prendre conscience de la relation codage/robot et d’adopter un point de vue relatif. Ensuite, en classe entière, les élèves discutaient des ordres les plus efficaces afin de diriger l’élève-robot. Par extension, cela permettait de faire émerger les mots de vocabulaire en lien avec la robotique et le codage.

Pour l’activité suivante, les élèves, répartis en binôme, recevaient un quadrillage de 3x4, une bande programmable et un robot (*voir annexe XVI*). Il leur était demandé de trouver un chemin permettant de mener le robot de la case de départ jusqu’à la case d’arrivée et de le coder sur la bande programmable à l’aide des flèches correspondantes aux boutons du Bee Bot. Les programmes établis étaient alors testés par les binômes afin de valider ou d’invalider leurs algorithmes. Les productions étaient ensuite affichées au tableau afin de les comparer. Cela permettait de mettre en évidence une variété de codage et de discriminer les justes des faux. Cela permettait également de montrer aux élèves les multiples possibilités de trajets.

Lors de la séance suivante, nous avons repris les codes produits lors de la phase précédente afin d’initier une discussion portant sur le rapport entre le temps de parcours du robot et le nombre d’instructions. Afin de mettre en exergue cette relation, une activité de chronométrage était mise place en reprenant deux des codes proposés précédemment, dont les dimensions étaient différentes (6 et 12 instructions). Une discussion en collectif était alors menée afin de

faire prendre conscience aux élèves que le nombre d'instructions impactait directement le temps de trajet.

Pour la phase suivante, les élèves se répartissaient en binôme pour une nouvelle activité de codage. Pour celle-ci, un quadrillage de 4x6, comportant des cases interdites et des cases obligatoires, leur était distribué avec un robot et une bande programmable. Les élèves avaient alors pour consigne de programmer un chemin pour Bee Bot de façon à ce qu'il aille de sa case de départ jusqu'à sa case d'arrivée tout en empruntant toutes les cases dites obligatoires et en évitant les cases interdites.

Matériel

Au cours de notre recherche, nous avons utilisé une multitude de matériel. Dans un premier temps, lors des séances, nous avons eu recours à un vidéoprojecteur afin de présenter aux élèves des parcours divers sur lesquels ils ont dû réfléchir et travailler lors de leurs apprentissages. Cela permettait à tous les élèves de voir de quoi il s'agissait et de s'emparer de la situation qui leur était présentée. Les parcours en question étaient pensés et créés par nous-même afin qu'ils correspondent aux hypothèses que nous avons émises. Ces parcours étaient généralement distribués par la suite aux binômes d'élèves en guise.

Par la suite, des tapis à l'échelle du robot étaient disposés dans la classe afin de permettre aux élèves de tester leurs productions de codage et avoir ainsi un feedback immédiat (apprentissage par essais et par erreurs). Ensuite, dans les séances, nous avons utilisé des cerceaux de couleur afin de symboliser un parcours sur lequel les élèves étaient guidés lors du jeu du robot idiot. Des chronomètres étaient utilisés pour que les élèves aient la possibilité d'évaluer le temps de parcours entre les diverses solutions proposées dans la classe.

Bien sûr, lors de ces séquences, nous avons utilisé des robots Bee Bot afin que nous puissions évaluer et observer les comportements des élèves en situation branchée. En vue de relever les actions en situation et analyser les comportements, nous avons utilisé des prises de notes combinées à des photos et des vidéos. De plus, pour obtenir des données quantitatives et analysables, nous avons relevé les productions des élèves afin de coder leurs réussites et leurs échecs, comparer et analyser la résultante de cette étude.

Résultats

Afin de répondre à nos hypothèses, nous avons utilisé des données de différentes natures. Un pourcentage de réussite a été calculé pour chaque élève, rendant compte de leur score de réussite pour chacune des modalités sur lesquelles ils ont été testés en fin de séquence. Nous avons donc obtenu un pourcentage de réussite relatif au codage et un autre au décodage d'algorithme de déplacements. Aussi, pour chacun des élèves, nous avons calculé le pourcentage de réussite total obtenu lors l'évaluation de fin de séquence.

Nous avons aussi opéré une distinction entre élèves en difficulté et élèves n'ayant pas de difficultés particulières, de façon à les mettre en comparaison et voir s'il existe une différence de compréhension et/ou de réussite dans les tâches finales.

Enfin, des moyennes, en pourcentage de réussite, ont été calculées afin de pouvoir mettre en comparaison les élèves ayant suivi l'apprentissage dans un ordre différent.

1. Première analyse : Les élèves en difficulté

Dans le but de tester notre hypothèse selon laquelle l'approche de l'enseignement de la robotique, commençant par une modalité branchée et suivie par une activité débranchée, pourrait être un instrument de différenciation, nous avons choisi de comparer les pourcentages de réussite des élèves en difficultés. La comparaison s'est faite entre ceux ayant commencé la séquence par une modalité branchée (bd) et ceux ayant commencé par la modalité débranchée (db). Le résultat des pourcentages de réussite de ces deux groupes d'élèves est visible dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1: Pourcentages de réussite pour les élèves en difficulté

Élèves en difficulté	bd	db
Codage	95%	79%
Décodage	85%	53%
Total	90%	69%

Dans ce tableau, nous pouvons voir un détail du pourcentage de réussite des élèves jugés en difficulté en fonction de la compétence évaluée, à savoir le codage et le décodage d'algorithme de déplacement, ainsi que le pourcentage de réussite total. Ces résultats sont

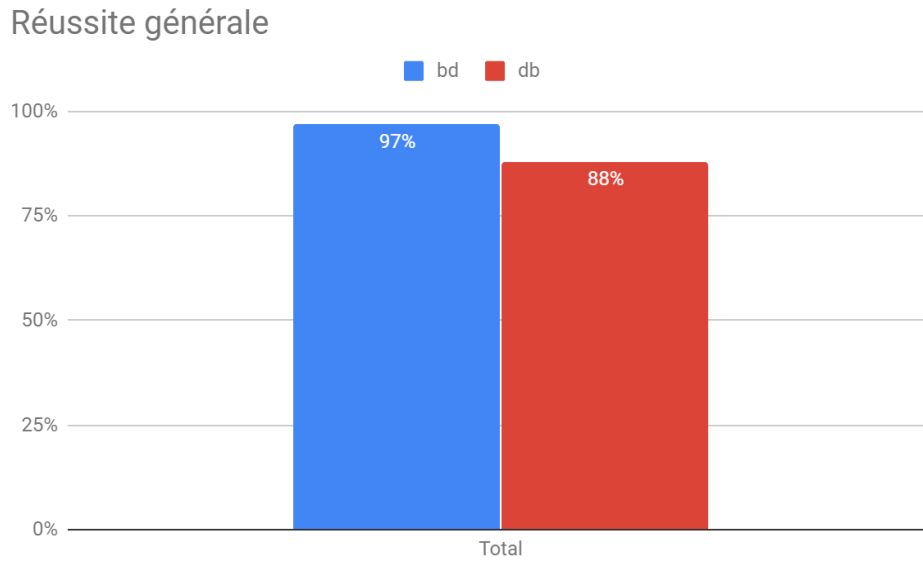
donnés en fonction de l'ordre dans lequel les élèves ont eu l'occasion de suivre l'enseignement, en commençant par les activités branchées (bd) ou débranchée (db).

Pour ce qui est de la compétence de codage on peut voir une différence de 16% en faveur des élèves ayant participé aux séances branchée en premier (95% de réussite contre 79%) et un écart de 32% pour ce qui concerne l'évaluation du décodage d'algorithme (85% de réussite contre 53%). En terme de pourcentage de réussite totale on peut voir une différence 21% en faveur des élèves en difficulté ayant commencé la séquence par de la manipulation (90% de réussite globale contre 69%). Cet effet va donc dans le sens de notre hypothèse initiale.

Il semblerait que les élèves en difficulté aient des compétences supérieures lorsqu'il leur est proposé d'aborder la robotique par une approche branchée. Cela est notamment très visible sur la capacité de décodage d'un algorithme. On pourrait donc analyser ce résultat par une meilleure capacité des élèves en difficultés ayant commencé par la modalité branchée, de se représenter et de comprendre l'interaction entre un algorithme et les actions effectuées par un robot.

2. Seconde analyse : différence inter-modalité

Afin de confronter nos données à notre seconde hypothèse selon laquelle commencer une séance de robotique par de la manipulation aurait un effet bénéfique sur la compréhension, nous avons premièrement opposé les résultats (tous niveaux confondus) obtenus par chaque groupe en branché-débranché (bd) et en débranché-branché (db). Les résultats sont visibles dans le graphique ci-après :



Graphique 1: Pourcentages de réussite globale

Ce graphique nous montre ici un pourcentage de réussite plus fort chez les élèves de CE1 et de CM1 qui ont commencé leur séance de robotique en branché, ils ont atteint un taux moyen de réussite de 97%. Comparativement, les élèves de CE1 et de CM2 ayant commencé par les séances de robotique débranchée ont atteint un pourcentage moyen de réussite au test de 88%. On a donc ici un écart de 9% de réussite entre les deux échantillons. À la vue de cette différence, on peut supposer que les élèves ayant bénéficié d'activités de manipulation des objets robotiques, développent une meilleure compréhension et utilisation des interactions entre le codage de programmes et le robot. Ils sont ainsi plus performants dans les tâches de codage et de décodage d'informations. Ce résultat valide donc notre deuxième hypothèse de recherche : l'apprentissage de la robotique commençant par des activités de manipulation et d'utilisation de robots permet aux élèves de se créer des représentations plus efficaces et fonctionnelles en comparaison des élèves suivant un apprentissage "classique" de la robotique.

3. Troisième analyse: la possibilité de changement de point de vue

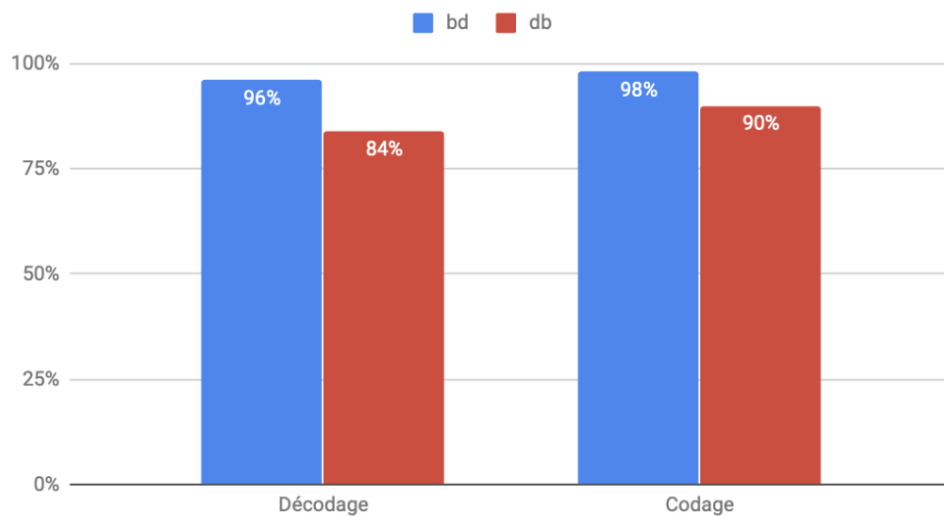
C'est en vérifiant avec plus de précision les taux de réussite des compétences de codage et de décodage d'algorithme que nous testerons la dernière hypothèse de notre étude. Nous avons avancé que le fait de commencer des apprentissages de robotique par la manipulation

de robot allait permettre aux élèves de développer de meilleures compétences, relatives au changement de point de vue des élèves. Les élèves ayant participé à la condition branchée-débranchée, devraient être plus à même que les autres de passer d'un point de vue absolu à un point de vue relatif. Cette capacité a été testée via les compétences de codage et de décodage d'algorithmes de déplacements d'un robot. Nous avons donc regroupé dans le tableau ci-dessous les pourcentages de réussite des élèves en fonction des compétences testées dans l'évaluation finale.

Tableau 2: Pourcentages de réussite globale en fonction de la modalité d'apprentissage

Réussite totale	bd	db
Décodage	96%	84%
Codage	98%	90%

Taux de réussite moyen en codage et en décodage



Graphique 2: Pourcentages moyen de réussite en codage et décodage

Ainsi nous pouvons regarder avec plus de détails l'impact que l'ordre dans lequel l'apprentissage de la robotique peut avoir sur les capacités des élèves. Ici on peut observer que les élèves ayant vécu la situation branché-débranché semblent être plus performants sur la composante de codage, avec une moyenne supérieure de 8%. Toutefois, cela peut être dû à la variabilité inter-sujets puisque la différence entre un taux moyen de réussite de 90% pour les

élèves en débranché-branché et de 98% pour les élèves en branché-débranché, n'est pas suffisamment probante pour conclure à un effet uniquement dû à la situation d'apprentissage.

En revanche, en ce qui concerne la compétence de décodage, le taux moyen de réussite des élèves ayant participé à la condition branché-débranché est au-dessus des élèves de l'autre condition à hauteur de 12%. On a un score moyen de 96% chez les élèves ayant débuté la séquence par de la manipulation contre 84% de réussite moyenne chez ceux ayant commencé par des activités débranchées. Comme nous l'avons écrit plus haut, cela peut se traduire par une meilleure compréhension du lien existant entre les actions réalisées par le robot et l'algorithme qui lui est associé. Mais il ne faut pas non plus laisser de côté la capacité à se représenter les mouvements réalisés par le robot en adoptant un point de vue relatif. Ces résultats vont donc dans la direction de notre dernière hypothèse en montrant que les élèves ayant effectué la modalité branché-débranché semblent avoir des compétences associées à l'utilisation du point de vue relatif plus développées que les élèves en condition débranché-branché.

Discussion

Grâce aux résultats que nous avons analysés, nous avons pu répondre aux hypothèses que nous avons formulées. Ainsi, nous sommes donc en mesure de dire que l'approche pédagogique de la robotique par des activités branchées dans un premier temps puis suivies par des activités débranchées, permet aux élèves de développer des compétences relatives au codage supérieures, mais aussi, et plus particulièrement, leurs compétences en décodage. Aussi, nous avons pu vérifier que la mise en place d'une telle séquence peut faire l'objet d'une différenciation au sein de la classe puisque, au vu des élèves en difficulté de notre échantillon, les compétences testées semblent mieux acquises que dans une séquence "classique" en débranché-branché.

Au cours de notre expérimentation et de notre recueil de données, nous avons été témoin de nombreux comportements que nous n'avions pas prévus d'analyser initialement mais qui restent très intéressants. Nous profitons donc de cette partie de discussion pour faire le point et analyser les différentes observations que nous avons eu l'occasion de faire.

Premièrement, en ce qui concerne l'utilisation des robots, nous avons pu voir que, globalement, tous les élèves arrivaient plus ou moins à comprendre les interactions entre les algorithmes et les actions réalisées. Toutefois, parmi notre échantillon total de 44 élèves, deux ont eu de réelles difficultés avec la manipulation et l'utilisation du codage de déplacements d'un point de vu relatif. Ces deux élèves, de CE1 et de CM2, étaient tous deux dans la modalité de séquence "classique" débranché-branché. Bien que contraire au sens commun selon lequel on aurait pu penser cette modalité aurait pu permettre une meilleure compréhension du codage par les activités débranchées, nous n'avons pas cherché à analyser plus en détail ces difficultés. Ces deux élèves ne représentent que 4% de l'effectif global, nous avons donc attribué ces problèmes de compréhension à des caractéristiques intrinsèques et individuelles à ces élèves.

1. Les types d'erreurs

Par la suite, nous nous sommes intéressés à la nature des erreurs faites par les élèves afin de voir quelles en étaient les raisons. Dans un premier temps, nous avons identifié deux grandes catégories, la première étant les erreurs de comptage de cases où les élèves, par manque d'attention, mauvaise lecture du code ou perte de repères sur la grille, n'ont pas réussi à produire ou à décoder les messages en entier (*voir annexe XVII*). L'autre grande catégorie regroupe les élèves n'ayant pas suivi la consigne, ceux qui n'ont pas compris la tâche (bien qu'elle ait été expliquée en classe), les élèves n'ayant pas saisi le concept d'algorithme et son sens en tant qu'instruction de déplacements (*voir annexe XVIII*).

Tableau 3: Quantité d'élèves ayant fait des erreurs de comptage de cases

Élèves	Quantité	Pourcentage
N'ayant pas eu 100%	17	100%
Erreurs de comptage	14	82%
Autres erreurs	3	18%
Élèves en difficulté	8	47%

En premier lieu, nous avons mis en évidence le taux d'erreurs de comptage de cases ainsi que les autres erreurs parmi l'ensemble des élèves n'ayant pas eu un taux de réussite de 100%. Cela nous montre alors que la grande majorité (82%) des élèves, a fait des erreurs de comptage, tandis que les autres élèves (18%) ont fait des erreurs autres. Nous avons essayé de distinguer également quelle part des élèves n'ayant pas eu 100% de réussite étaient des élèves en difficulté. Cela a mis en évidence que 47% des élèves ayant fait des erreurs étaient en difficulté. Toutefois cette approche manquant de précision, nous avons essayé de recadrer l'analyse en se concentrant sur les élèves ayant obtenu moins de 80% de réussite afin d'éliminer les erreurs d'inattention et autres étourderies qui ne sont pas représentatives de la compréhension des élèves. Cela nous donne alors le tableau ci-dessous.

Tableau 4 : Quantité d'élèves ayant fait des erreurs de comptage de cases avec une réussite inférieure à 80%

Élèves réussite < 80%	Quantité	Pourcentage
Elèves	7	100%
Erreurs de comptage	4	57%
Autres erreurs	3	43%
Élèves en difficulté ayant fait des erreurs de comptage	4	57%

Ainsi, ce tableau permet de mettre en évidence que 100% des élèves ayant eu moins de 80% de réussite sont des élèves en difficulté. Aussi, on peut voir que plus de la moitié des élèves ont fait au moins une erreur de comptage de cases (57%). La taille de l'effectif ne nous permet pas de conclure une analyse valide, toutefois elle permet de donner une indication concernant les sujets testés. On peut donc dire que, parmi les élèves ayant eu moins de 80% de réussite, plus de la moitié des erreurs sont expliquées par des difficultés de repérages au sein du quadrillage et de comptage de cases lors du codage et/ou du décodage. Pour les 43% d'élèves restants, après une analyse de leur production, les erreurs ne permettent pas vraiment d'évaluer leurs compétences. En effet, ces erreurs sont majoritairement dues à un non-respect des consignes. Sans étude supplémentaire, nous ne pouvons pas affirmer la nature de ces erreurs avec exactitude. Cet obstacle pour les élèves en difficulté peut être considéré comme un risque pour les résultats de l'étude et influencer sa validité. Il faudrait mettre en place des mesures de différenciation afin de palier à cette difficulté et passer plus de temps sur le repérage dans l'espace, y compris dans un quadrillage. Proposer aux élèves qui en ont besoin

des stratégies permettant de faciliter cette tâche pourrait permettre une meilleure représentativité des données recueillies et une analyse plus précises des erreurs.

Par ailleurs, la création d'une grille d'analyse pourrait constituer un outil précieux afin d'analyser les comportements des élèves et permettrait de montrer quelles sont les erreurs les plus représentées et dans quelle mesure elles traduisent la compréhension ou non des notions associées par les élèves.

2. Les types de stratégies

Au cours des séances, nous avons pu observer différentes procédures de codage en situation de manipulation. Pour chaque élève, nous avons relevé quelle était la stratégie utilisée lors du codage de déplacements du robot. En accord avec les travaux de Komis et Misirli (2013), les stratégies que nous avons recensées sont les suivantes:

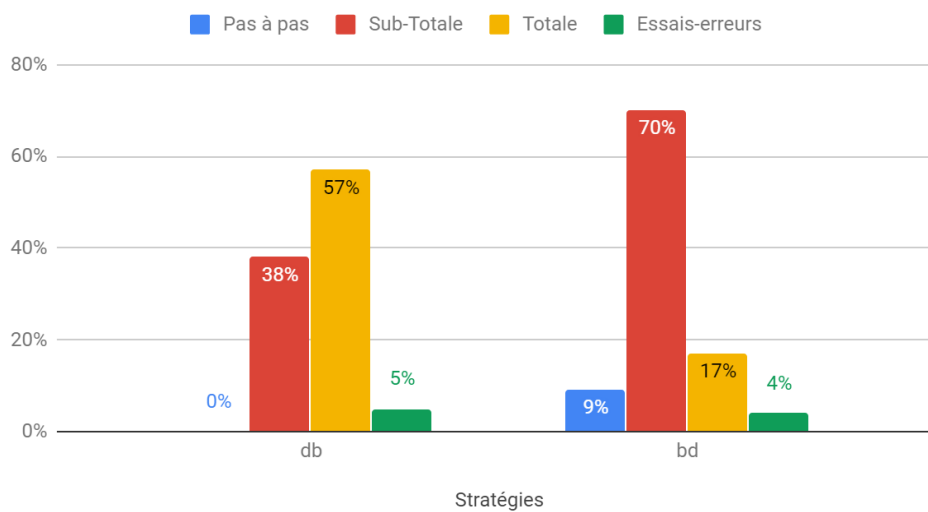
- **Stratégie Pas à pas** : L'élève va créer un algorithme étape par étape en ne codant qu'une instruction à la fois. Par exemple, dans le cas de Bee Bot on aurait *Effacer, Avancer, Go, Effacer, Tourner, Go, Effacer, Avancer, Go* etc.
- **Stratégie totale** : L'élève va rédiger son algorithme d'une seule traite sans s'y prendre en plusieurs fois pour terminer le déplacement. Par exemple on aurait, *Effacer, instructions de déplacements du départ à l'arrivée, Go*.
- **Stratégie par essais et erreurs** : Ici l'élève va coder son algorithme sans représenter le trajet à effectuer au préalable, c'est-à-dire que l'élève va coder son déplacement selon ce qu'il croit être juste, lancer le programme sur le robot et ajuster son algorithme en fonction du trajet effectif. Cette stratégie fonctionne sur la base du feedback immédiat.
- **Stratégie sub-totale** : Dans cette stratégie, non définie par Komis et Misirli (2013), l'élève mixe codage et déplacement du robot dans l'espace. L'élève va coder une instruction, déplacer le robot, à la main, en fonction du déplacement codé et ainsi de suite. Par exemple, on aura *Effacer, Avancer, déplacement à la main du robot d'une case en avant sur le plan, Tourner à gauche, déplacement à la main du robot d'un quart de tour vers la gauche, Avancer, déplacement à la main du robot d'une case en avant sur le plan et ainsi de suite (voir annexe XIX)*.

Nous avons relevé les stratégies utilisées par chaque élève de manière à pouvoir mettre en évidence quelles étaient les procédures les plus utilisées en fonction des modalités mises en place : branché-débranché ou débranché-branché. Nous avons donc consigné les résultats dans un tableau à partir duquel nous avons fait un graphique.

Tableau 5 : Pourcentages de stratégies utilisées par modalité

Stratégies	db	bd
Pas à pas	0%	9%
Sub-Totale	38%	70%
Totale	57%	17%
Essais-erreurs	5%	4%
Nombre d'élève	21	23

Taux d'utilisation des stratégies par modalité



Graphique 3 : Pourcentages des stratégies utilisées en fonction de la modalité d'enseignement

On peut donc voir ici que les stratégies utilisées semblent être en relation directe avec le type de modalité auquel les élèves ont participé. Pour les élèves en situation débranché-branché, la stratégie la moins utilisée est celle du pas à pas puisque 0% des élèves l'ont mise en place dans cette modalité. Elle est suivie de la procédure par essais-erreurs, qui reste très marginale puisque seulement 5% des élèves l'ont mise en place. Ensuite c'est la stratégie de subtotal qui a été très utilisée, 38% des élèves ont utilisé celle-ci afin de coder les déplacements de leur robot. La stratégie la plus utilisée chez ces élèves est la stratégie totale.

En effet, plus de la moitié des élèves de la modalité débranché-branché l'ont utilisée, à hauteur de 57%.

En ce qui concerne les procédures mises en place chez les sujets de la modalité branché-débranché, la tendance n'est pas du tout la même. En effet, chez ces élèves, la stratégie la moins mobilisée est celle de la réflexion par essais et par erreurs, seulement 4% des élèves l'ont mise en place. La suivante est la procédure de pas à pas, utilisée à hauteur de 9% par ces élèves. La troisième stratégie la plus utilisée est celle de la stratégie totale qui représente 17% de l'effectif de cet échantillon. En revanche, La procédure la plus utilisée par ces élèves est la subtotale, à hauteur de 70%. La grande majorité des élèves a donc utilisé cette procédure pour coder les déplacements du robot.

En somme, on peut voir une grande différence de stratégies utilisées entre les deux modalités de notre étude. En effet, les élèves en situation de branché-débranché ont moins utilisé les stratégies par essais-erreurs et totale, respectivement à raison de 4% et 9%. La stratégie totale a été choisie par quelques élèves (à hauteur de 17% de l'effectif). En revanche, la procédure la plus utilisée par les élèves a été la stratégie sub-totale. En effet, celle-ci représente la grande majorité des procédures choisies avec un taux d'utilisation de 70%.

Il y a donc une variété moins grande de stratégies mises en place dans la situation branché-débranché et une utilisation massive de la procédure subtotale tandis que les élèves de la situation débranché-branché ont préféré utiliser la stratégie totale. On pourrait alors inférer d'après ces résultats que l'acquisition des compétences est différente selon la modalité par laquelle les élèves apprennent la robotique. Dans ce sens, on pourrait avancer que les élèves de la modalité branché-débranché ont développé une moins bonne abstraction des déplacements du robot dans l'espace en activité branché puisqu'ils utilisent en grand majorité la stratégie de subtotale, qui repose sur un déplacement physique du robot durant le codage afin de se représenter le trajet.

À l'inverse, les élèves de la situation débranché-branché auraient, quant à eux, développé une meilleure représentation des déplacements de l'objet robotique puisqu'ils utilisent en majorité la stratégie totale.

3. Les types de codage

Nous avons également observé deux différents types de codage écrit de déplacements chez les élèves. L'un beaucoup plus majoritaire que l'autre. Le premier consistait à coder les déplacements du robot par une succession de flèches, par exemple « $\uparrow \rightarrow \rightarrow \leftarrow \leftarrow \leftarrow \downarrow \downarrow \rightarrow$ ». La seconde stratégie de codage reposait sur le même principe mais avec, en plus, une réduction du message en ajoutant des nombres aux flèches. Pour le même exemple, on aurait donc « $\uparrow 2\rightarrow 3\leftarrow 2\downarrow \rightarrow$ » (voir annexe XX). Nous avons relevé parmi notre corpus de productions la quantité des deux différents types de codages dans un tableau.

Tableau 6 : Pourcentages de codage différent au sein de l'étude

Codage	Flèches	Flèches et nombres
Pourcentage	86%	14%
Quantité	38	6

On voit donc une très nette différence dans le pourcentage d'utilisation de ces deux stratégies de codage. La procédure reposant sur le codage par flèches est de très loin la technique la plus utilisée avec 86% d'élèves l'ayant choisie contre 14% pour le codage hybride comprenant des flèches et des nombres.

Tableau 7 : Pourcentages d'utilisation du codage hybride

Codage flèches et nombres	Quantité	Réussite
Elèves en difficulté	3	50%
Total d'élèves	6	100%

Bien que la taille de l'échantillon ne permette pas de l'analyser, il est important de noter que cette stratégie a été autant utilisée par les élèves en difficulté que par les autres. Mais le fait qu'elle soit très minoritaire peut être interprété comme un indice qu'elle nécessite une compréhension plus poussée que la stratégie n'utilisant que des flèches.

4. Autres constats

Une autre observation, plus factuelle, nous a montré que la motivation des élèves dans la tâche variait de manière très importante au sein de la classe en fonction de la modalité dans laquelle les élèves se trouvaient. Cela peut avoir eu un effet sur les données que nous avons recueillies et analysées. En effet, nous avons remarqué que les élèves de la modalité branché-débranché avaient une perte importante de motivation lorsqu'ils passaient dans la composante débranchée de leur apprentissage. L'engagement dans la tâche était donc différent des autres élèves ce qui peut constituer une variable confondue impactant directement la validité de notre travail.

Toutefois, notre étude souffre d'un certain nombre de biais qui la rendent peu satisfaisante. En effet, déjà par la quantité des individus testés, il n'est pas possible de faire un test de significativité puisque chacun des effectifs est inférieur à 30. Par ailleurs, les niveaux de classes étudiés sont très différents et ont nécessité des adaptations pédagogiques qui ont pu avoir un effet sur nos résultats et sur la façon qu'ont eu les élèves de traiter les tests et d'acquérir les compétences. La variabilité de transmission des connaissances et les conditions de passation ont également eu un impact non négligeable sur l'apprentissage et la compréhension des élèves, sans parler de la variabilité interindividuelle qui, elle, est propre à toutes les études.

Au niveau technique, le fait que les élèves n'aient pas eu de codage sur logiciel au cours de leur séquence de robotique est également un problème car il est beaucoup plus difficile de tester leur capacité de codage et de décodage d'algorithmes. Cela va impacter la compréhension et la représentation que les élèves pourront se faire du codage au cours de leurs apprentissages. Il est possible que cette approche ait pu permettre à certains des sujets de notre étude de mieux appréhender les notions de codage. Aussi, l'évaluation telle qu'elle a été menée ne permettait pas de répondre avec précision à notre dernière hypothèse, bien que le codage et le décodage de déplacement impliquent d'avoir recours au point de vue relatif, il n'est pas mis en opposition avec le point de vue absolu. Le changement et l'interaction des différents points de vue sont difficiles à mettre en évidence ici.

De plus, notre étude reposait sur deux séquences produites par nos soins. Bien que nous ayons fait attention à respecter les conseils didactiques et pédagogiques associés à l'enseignement et plus précisément à la robotique, il est possible qu'il subsiste des erreurs et des points améliorables qui permettraient de faciliter la compréhension des élèves.

Conclusion

Comme nous l'avons vu, le numérique est aujourd'hui l'une des priorités de l'Éducation Nationale, il est donc important de se questionner sur la façon d'aborder ce thème avec des élèves. C'est pourquoi nous avons voulu tester le consensus actuel selon lequel une séquence robotique devrait être abordée en premier lieu par des activités débranchées et poursuivie par des activités branchées.

Nous nous sommes demandés en quoi la façon d'aborder la robotique peut-elle orienter la compréhension de la relation codage/robot chez les élèves. Nous avons postulé que cette approche pourrait être mise en place en tant que différenciation pour les élèves en difficulté, améliorant ainsi leurs productions. Ensuite nous avons émis l'hypothèse que l'approche par manipulation allait permettre une meilleure compréhension des aspects théoriques. Et enfin, notre dernière hypothèse, prévoyait de voir la capacité des élèves à changer de point de vue (d'absolu à relatif et inversement), plus efficace chez les élèves ayant pris part à une séquence de robotique branchée/débranchée comparativement à ceux ayant suivi une séquence "classique".

Le résultat de notre expérimentation nous a permis de confronter nos hypothèses aux données que nous avons récoltées. Dans un premier temps, notre hypothèse selon laquelle l'ordre de passation des activités aurait un effet bénéfique sur les performances des élèves en difficulté semble s'être vérifiée puisque on obtient une différence de 16% en faveur des élèves de la condition branché-débranché.

Notre seconde hypothèse s'est également vérifiée, les élèves de la situation branchée-débranchée ont un pourcentage de réussite supérieur à ceux appartenant à la situation débranchée-branchée de dix points. Ce qui semblerait signifier que les compétences de

codage et de décodage des élèves ayant pris part à un enseignement branché-débranché sont mieux acquises que pour les autres.

Notre dernière hypothèse, reposant sur la capacité des élèves à passer d'un point de vue absolu à un point de vue relatif, a également été validée puisque les participants de la condition branché-débranché ont des scores de réussite supérieurs à ceux de l'autre condition quelle que soit la compétence évaluée lors du test final. Toutefois la différence la plus flagrante se trouve au niveau de la composante débranchée, c'est donc les compétences de représentation et d'utilisation du point de vue relatif qui sont mises en avant. Le développement de cette capacité peut donc être amélioré par un apprentissage de la robotique débutant par des séances branchées.

Toutefois, considérant les stratégies utilisées par les élèves, il est difficile de savoir quelle approche est la plus valorisante. En effet, il semblerait que les stratégies mises en place par les élèves de la condition débranché-branché soient plus efficaces sur le long terme et semblent témoigner d'une meilleure compréhension. Cela entre en conflit avec les résultats effectifs où les élèves en condition branché-débranché semblent plus expert que les autres.

Afin de valider les résultats de cette recherche, il pourrait être intéressant de mener une étude semblable avec un échantillon plus important afin de permettre une analyse plus précise des comportements et des compétences observés chez les élèves. Il faudrait alors que cette étude soit menée sur chaque classe appartenant à l'école élémentaire afin de voir si la façon d'aborder la séquence de robotique induit une compréhension et une acquisition de compétences différente en fonction de l'âge des élèves.

Aussi une étude reposant sur les stratégies utilisées par les élèves afin de définir la stratégie la plus efficace pour induire une compréhension des relations entre codage et robot, et permettre le développement d'une pensée informatique pourrait être très intéressante.

Enfin, analyser les stratégies mises en place par les élèves en fonction de la façon dont sont abordés ces apprentissages, pourrait apporter une base scientifique solide pour le développement de l'enseignement de la robotique à l'école primaire.

Références

- Baron, G.-L. (2018, Février). *Informatique et numérique comme objets d'enseignement scolaire en France : entre concepts, techniques, outils et culture*. Récupéré sur Adjectif: <http://www.adjectif.net/spip/spip.php?article456>
- Baron, G.-L., & Bruillard, E. (2001). Une didactique de l'informatique ? *Revue Française de Pédagogie*(135), 163-172. Récupéré sur ife ens lyon: http://ife.ens-lyon.fr/publications/edition-electronique/revue-francaise-de-pedagogie/INRP_RF135_23.pdf
- Bell, T., Witten, I., & Fellows, M. (2014, juin). *Computer science unplugged - l'informatique sans ordinateur*. Récupéré sur interstices info: <https://interstices.info/wp-content/uploads/2018/01/csunplugged2014-fr-comp.pdf>
- Calmet, C., Hirtzig, M., & Wilgenbus, D. (2016). *1,2,3... CODEZ ! Enseigner l'informatique à l'école et au collège*. Le Pommier.
- Chessel Lazzarotto, F. (2018, Février). *Former à la programmation en primaire, une form'action : Robots d'Evian 2015-2018*. Récupéré sur HAL archives ouvertes: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01753071>
- Drot-Delange, B. (2013). *Enseigner l'informatique débranchée : analyse didactique d'activités*. Récupéré sur AREF 2013 Montpellier: <https://aref2013.umontpellier.fr/?q=content/380-enseigner-linformatique-d%C3%A9branch%C3%A9e%C2%A0-analyse-didactique-dactivit%C3%A9s-0>
- Fluckinger, C. (2008, avril). L'école à l'épreuve de la culture numérique des élèves. *Revue Française de Pédagogie*(163), 51-61. doi:10.4000/rfp.978
- Giannoula, E., & Baron, G.-L. (2002). Pratiques familiales de l'informatique versus pratiques scolaires - Représentations de l'informatique chez les élèves d'une classe de CM2. *Sciences et techniques éducatives*, 9(3-4), 437-456. doi:<https://doi.org/10.3406/stice.2002.1515>

- Institut de France. Académie des sciences. (2013, mai). *L'enseignement de l'informatique en France - Il est urgent de ne plus attendre*. Récupéré sur Académie des sciences: https://www.academie-sciences.fr/pdf/rapport/rads_0513.pdf
- Komis, V., & Misirli, A. (2011, Octobre). *EduTice archives ouvertes*. Récupéré sur CCSD: <https://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00676143>
- Komis, V., & Misirli, A. (2013). *Etude des processus de construction d'algorithmes et de programmes par les petits enfants à l'aide de jouets programmables*. Récupéré sur edutice archives ouvertes: <https://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00875628>
- Ministère de l'éducation nationale. (2015a, avril). *Socle commun de connaissances, de compétences et de culture*. Récupéré sur Education.gouv: https://cache.media.education.gouv.fr/file/17/45/6/Socle_commun_de_connaissances,_de_compétences_et_de_culture_415456.pdf
- Ministère de l'éducation nationale. (2015b, mars). *Programme d'enseignement de l'école maternelle*. Récupéré sur Education.gouv: https://cache.media.education.gouv.fr/file/MEN_SPE_2/84/6/2015_BO_SPE_2_404846.pdf
- Ministère de l'éducation nationale. (2018a, juillet). *Programme du cycle 2*. Récupéré sur Eduscol: http://cache.media.eduscol.education.fr/file/programmes_2018/20/0/Cycle_2_programme_consolide_1038200.pdf
- Ministère de l'éducation nationale. (2018b, juillet). *Programme du cycle 3*. Récupéré sur Eduscol: http://cache.media.eduscol.education.fr/file/programmes_2018/20/2/Cycle_3_programme_consolide_1038202.pdf
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies ; approche cognitive des instruments contemporains*. Récupéré sur HAL archives ouvertes: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01017462/document>
- Spach, M. (2015, Novembre). *Apprentissage d'un concept informatique à l'école primaire : l'automate*. Récupéré sur Adjectif: <http://www.adjectif.net/spip/spip.php?article371>

Touloupaki, S., Baron, G.-L., & Komis, V. (2018, Février). *Un apprentissage de la programmation dès l'école primaire : le concept de message sur ScratchJr*. Récupéré sur HAL archives ouvertes: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01753125>

Walter, L., & Boucher, M. (2018, septembre). *Planète code : Pour une première approche de la programmation*. (Réseau Canopé, Éd.) Récupéré sur Canopé: <https://cdn.reseau-canope.fr/archivage/valid/contenus-associes-activites-pedagogiques-N-18069-29384.pdf>

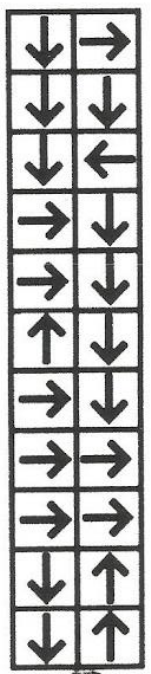
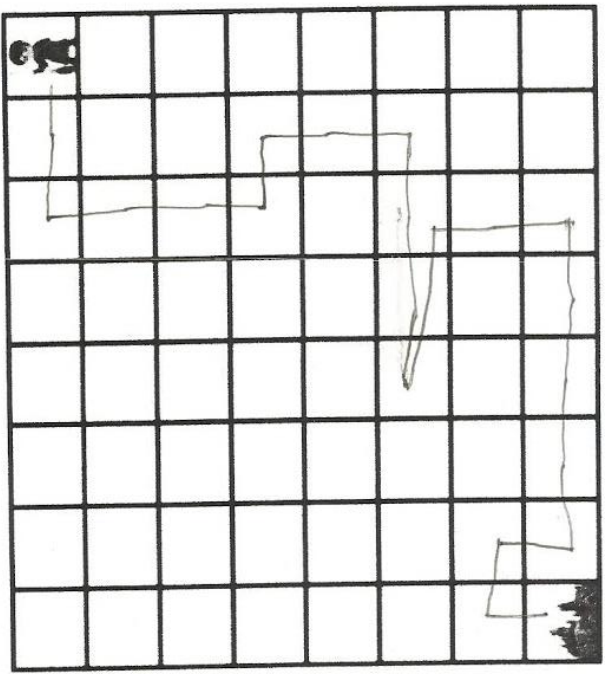
Annexes

Annexe I : Evaluation CE1	38
Annexe II : Evaluation CM1	39
Annexe III : Evaluation CM2	40
Annexe IV : Tableau des effectifs	41
Annexe V : Tableau des pourcentages	42
Annexe VI : Quadrillage initial CE1	43
Annexe VII : Quadrillage CE1 avec obstacles	44
Annexe VIII : Multi-trajets CE1	45
Annexe IX : Multi-trajets CE1 décodage	46
Annexe X : Quadrillage 4x6.....	47
Annexe XI : Quadrillage initial CM	48
Annexe XII : Quadrillage CM duo	49
Annexe XIII : Quadrillage CM décodage.....	50
Annexe XIV : Quadrillage CM obstacles.....	51
Annexe XV : Quadrillage CM multi-trajet.....	52
Annexe XVI : Quadrillage 4x3.....	53
Annexe XVII : Erreur de comptage de cases	54
Annexe XVIII : Erreur de non compréhension	55
Annexe XIX : Stratégie sub-totale.....	56
Annexe XX : Codage hybride	57

Annexe II : Evaluation CM1

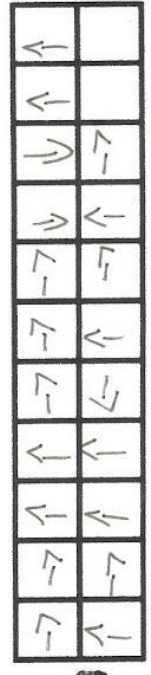
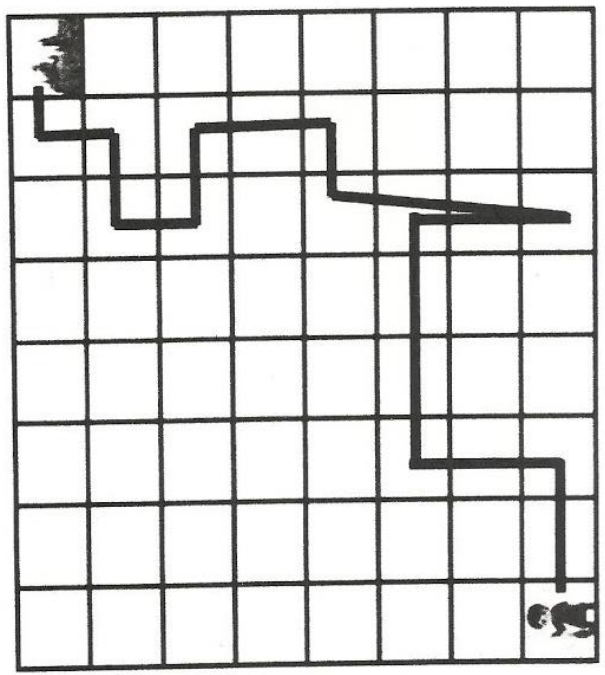
Date : 11/04/2019

Décoder le chemin de Harry jusqu'à Paulard en suivant les flèches indiquées dans les wagons du Paulard Express.



Prenoms :

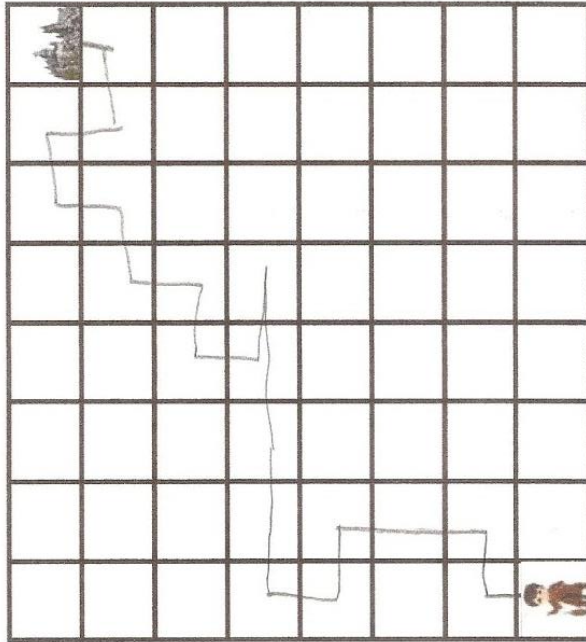
Harry s'en va pour Paulard, code son parcours avec les flèches correspondantes dans les wagons du Paulard Express.



Annexe III : Evaluation CM2

Date : Jeudi 18 mars 2019

Décode le chemin de Harry jusqu'à Poudlard en suivant les flèches indiquées dans les wagons du Poudlard Express.

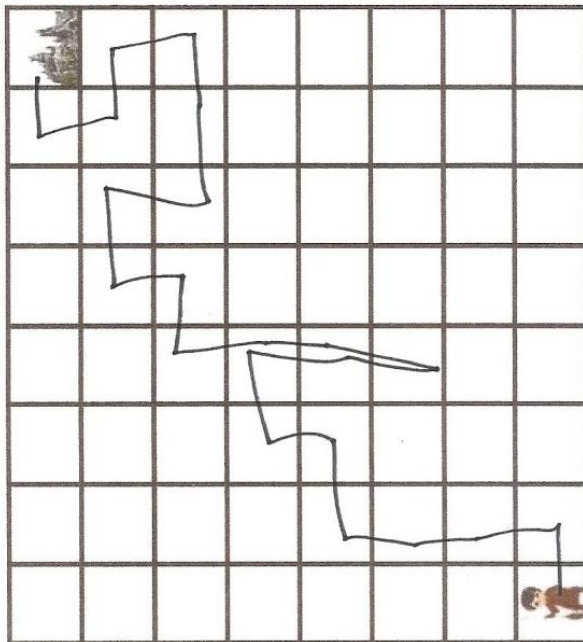


↓	
↑	
↑	↑
↑	↑
↑	→
←	↑
↓	↑
←	↑
←	←
↑	↑
←	←



Prénoms : _____

Harry s'en va pour Poudlard, code son parcours avec les flèches correspondantes dans les wagons du Poudlard Express.



←	↑
←	↑
→	↓
→	←
↑	↑
←	↑
→	→
←	↑
←	←
←	↑
↑	←



Annexe IV : Tableau des effectifs

Nombre d'élèves		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
CE1	db	2/15+ 11/11	11/11+ 1/11	13/13+ 11/11	11/15+ 11/11	11/11+ 0/11	13/13+ 11/11	13/13+ 11/11	11/11+ 11/11	15/15+ 11/11	12/13+ 7/11						
	Codage	2/15	11/11	13/13	11/15	11/11	13/13	13/13	11/11	15/15	12/13						
	Décodage	11/11	1/11	11/11	11/11	0/11	11/11	11/11	11/11	11/11	7/11						
	Sexe	G	F	G	F	G+	F	G	F	F	G+						
	bd	14/15+ 11/11	13/13+ 11/11	11/11+ 11/11	13/13+ 11/11	15/15+ 11/11	13/13+ 11/11	11/11+ 11/11	11/11+ 11/11	12/13+ 7/11							
	Codage	14/15	13/13	11/11	13/13	15/15	13/13	11/11	11/11	12/13							
Décodage	11/11	11/11	11/11	11/11	11/11	11/11	11/11	11/11	7/11								
Sexe	G	G	G	F	F	G	F	G+	F	G+							
CM1	bd	20/20+ 22/22	20/20+ 22/22	20/20+ 22/22	20/20+ 22/22	20/20+ 22/22	20/20+ 22/22	20/20+ 22/22	20/20+ 22/22	19/20+ 22/22	20/20+ 22/22	17/20+ 21/22	20/20+ 21/22	19/20+ 11/22	20/20+ 22/22	20/20+ 22/22	
	Codage	20/20	20/20	20/20	20/20	20/20	20/20	20/20	20/20	19/20	20/20	17/20	20/20	19/20	20/20	20/20	
	Décodage	22/22	22/22	22/22	22/22	22/22	22/22	22/22	22/22	22/22	22/22	21/22	21/22	11/22	22/22	22/22	
	Sexe	F	F	G	F	G	G	F	G	G	G	F	F	F+	G	G+	
	db	11/22+ 0/22	18/20+ 19/20	17/20+ 19/20	18/20+ 20/20	21/22+ 22/22	19/20+ 22/22	22/22+ 22/22	22/22+ 22/22	21/21+ 22/22	22/22+ 20/20	22/22+ 20/20	22/22+ 20/20	22/22+ 20/20	22/22+ 20/20	22/22+ 20/20	22/22+ 20/20
	Codage	11/22	18/20	17/20	18/20	21/22	19/20	22/22	21/21	22/22	22/22	22/22	22/22	22/22	20/20	20/20	20/20
Décodage	0/22	19/20	19/20	20/20	22/22	22/22	22/22	22/22	22/22	20/20	20/20	20/20	20/20	20/20	20/20	20/20	
Sexe	G+	G	G	G	F	F	G	F	F	F	G	G	F	G	G	G	

Légende :

Stratégies	Erreurs	Élèves
Pas à pas	Complage case	Difficultés
Sub-Totale	Difficulté Robot	Flèches+Nombre
Totale		
Essais-erreur		

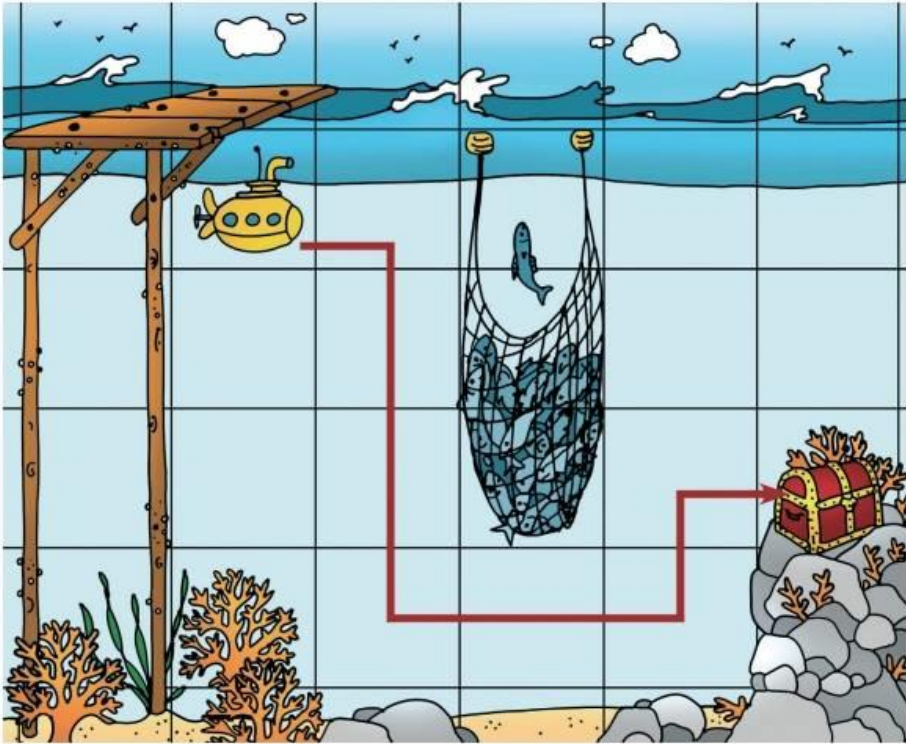
Annexe V : Tableau des pourcentages

Nombre d'élèves	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Total
CE1	db	50%	59%	100%	85%	100%	100%	100%	100%	79%						82%
	Codage	13%	100%	100%	73%	100%	100%	100%	100%	92%						88%
	Décodage	100%	9%	100%	100%	0%	100%	100%	100%	64%						77%
	Sexe	G	F+	G	F	G+	F	G	F	F	G					50%
CM1	bd	96%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	79%							97%
	Codage	93%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	92%							98%
	Décodage	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	64%							96%
	Sexe	G	G	G	F	F	G	F	G+							63%
CM2	bd	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	98%	100%	90%	98%	71%	100%	100%	97%
	Codage	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	95%	100%	85%	100%	95%	100%	100%	98%
	Décodage	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	95%	95%	50%	100%	100%	96%
	Sexe	F	F	G	F	G	F	G	G	G	F	F	F+	G	G+	47%
CM2	db	42%	93%	90%	95%	98%	100%	100%	100%	100%	100%	100%				92%
	Codage	50%	90%	85%	90%	95%	100%	100%	100%	100%	100%	100%				91%
	Décodage	0%	95%	95%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%				90%
	Sexe	G+	G	G	G	F	F	G	F	F	G	G				64%

Légende :

Stratégies	Erreurs	Élèves
Pas à pas	Comptage case	Difficultés
Sub-Totale	Difficulté Robot	Flèches+Nombres
Totale		
Essais-erreur		

Annexe VI : Quadrillage initial CE1

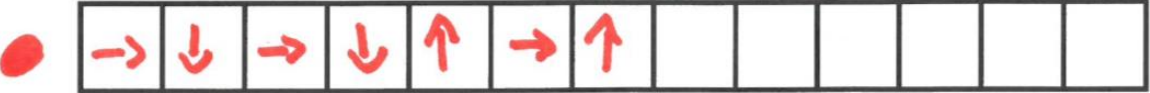
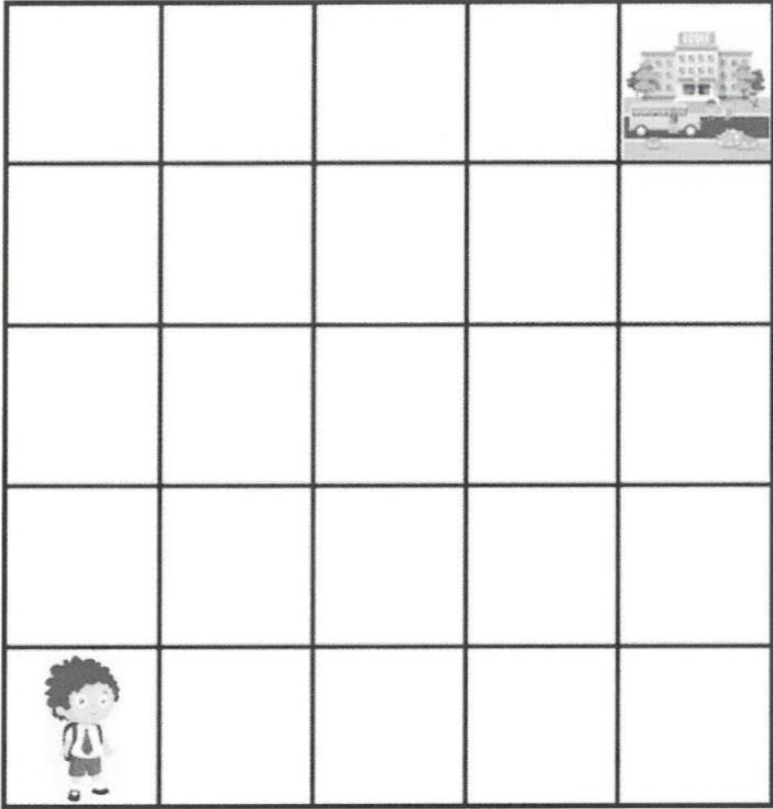


--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

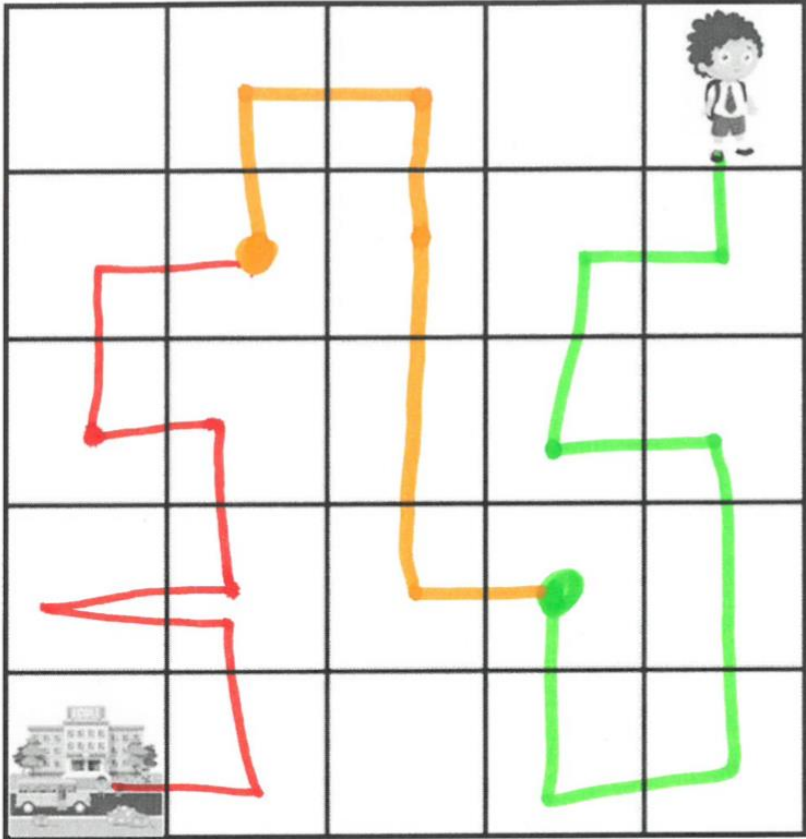
Annexe VII : Quadrillage CE1 avec obstacles



Annexe VIII : Multi-trajets CE1



Annexe IX : Multi-trajets CE1 décodage



●

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

●

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--



●

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

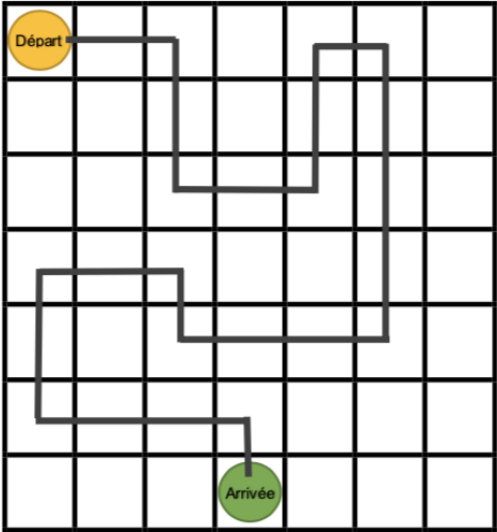
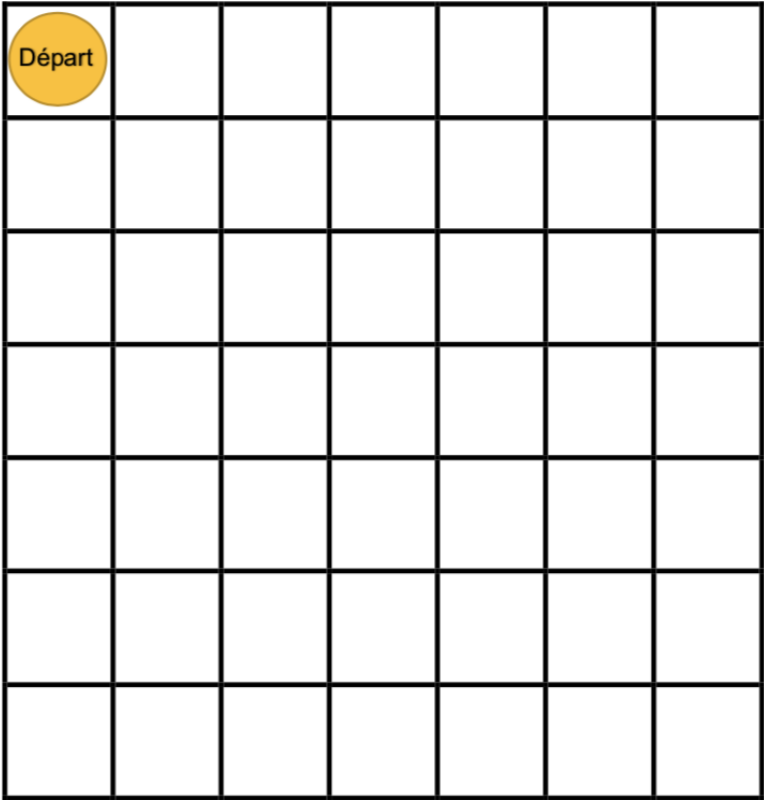
Annexe X : Quadrillage 4x6



Annexe XI : Quadrillage initial CM

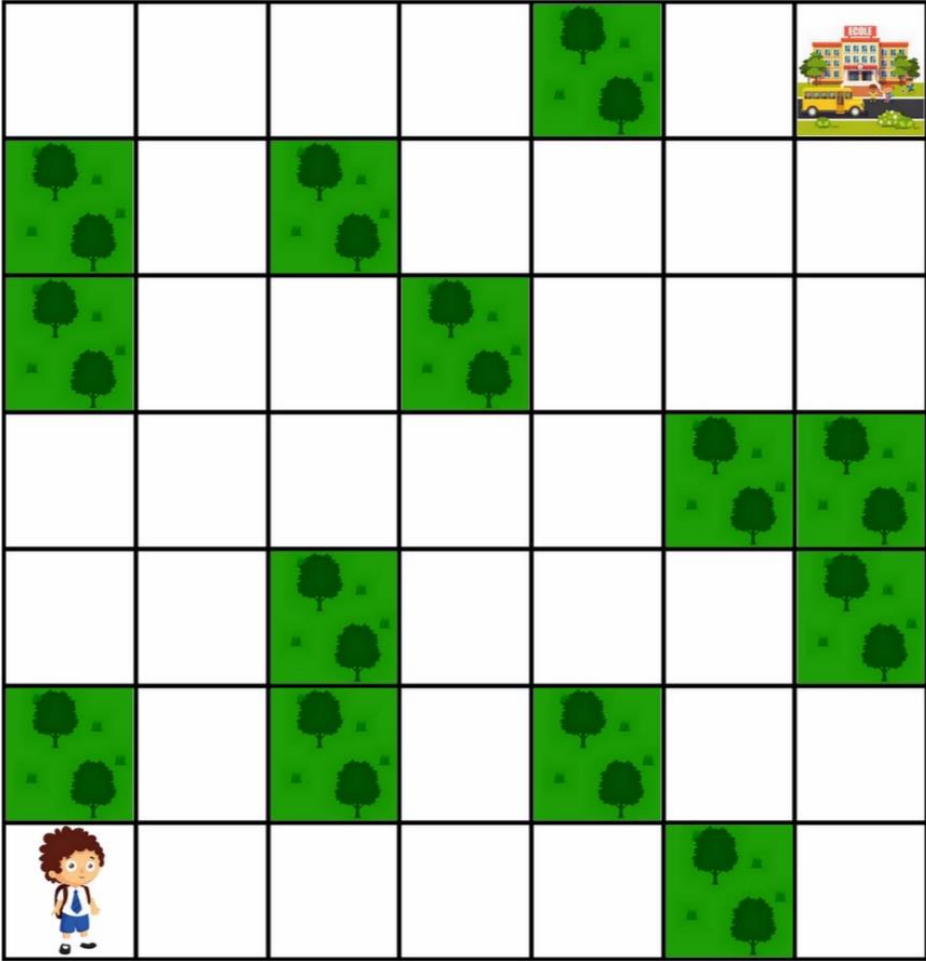
						
 Poudlard						

Annexe XII : Quadrillage CM duo



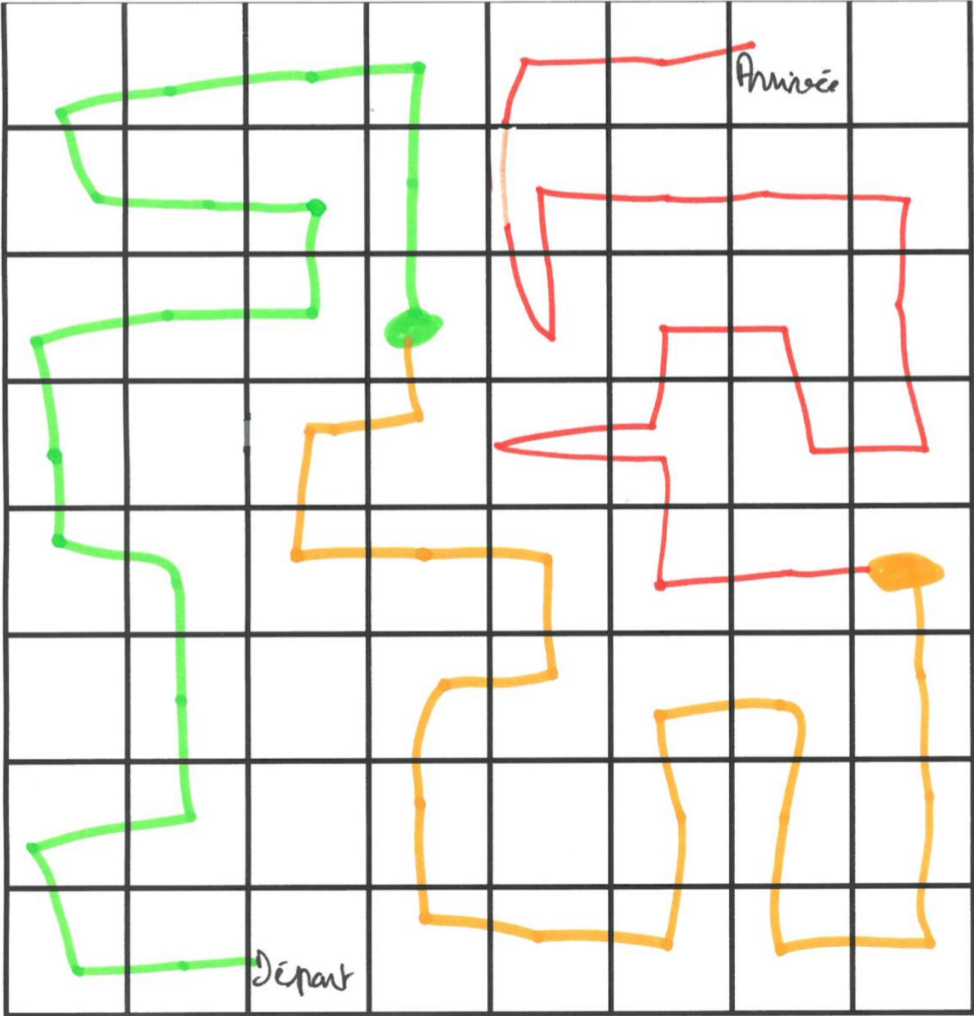
Annexe XIV : Quadrillage CM obstacles

Prénoms :



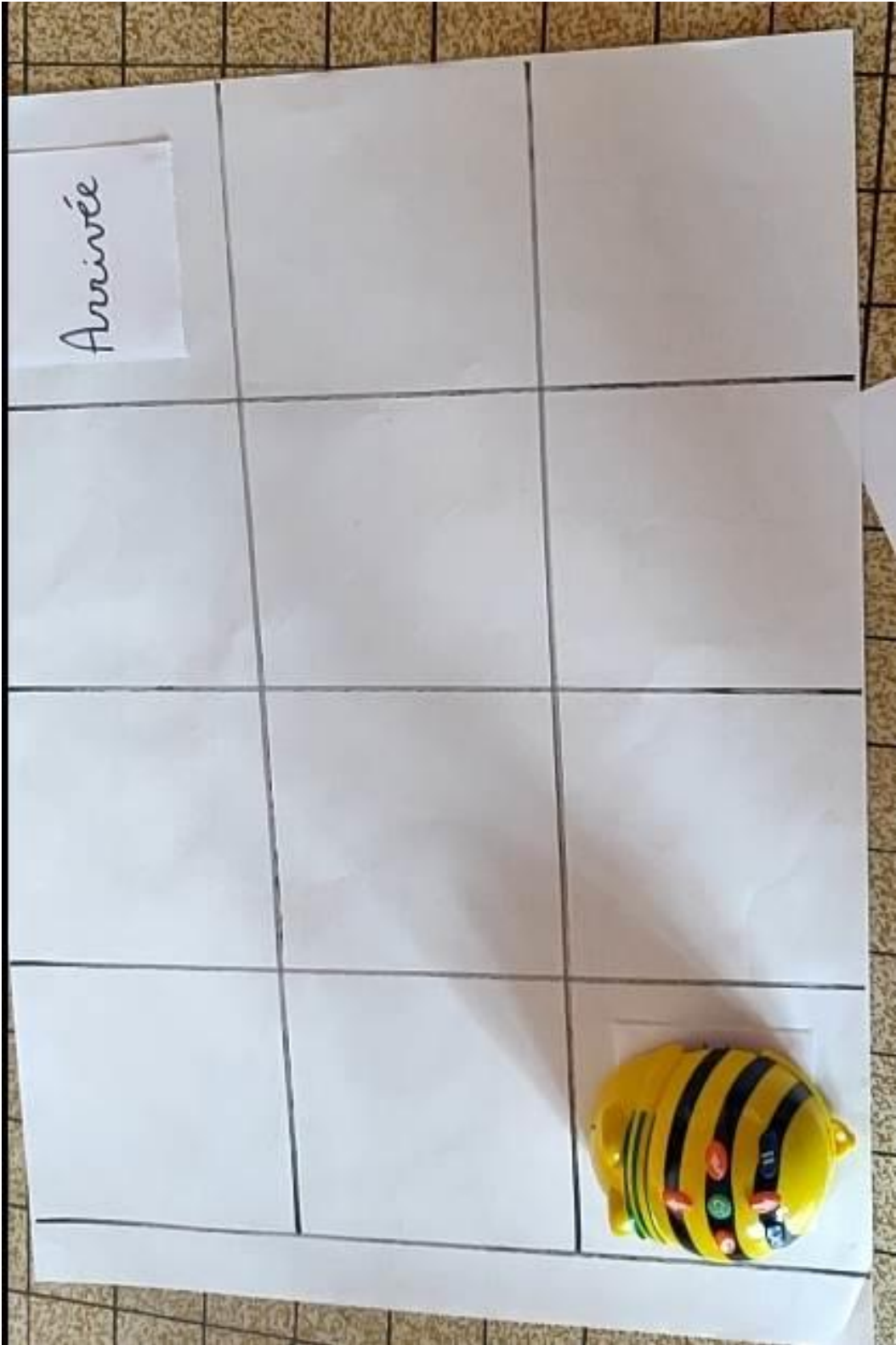
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Annexe XV : Quadrillage CM multi-trajet



Three horizontal rows of empty boxes for writing, each with 15 boxes. The first row has 15 boxes. The second row has 15 boxes. The third row has 15 boxes.

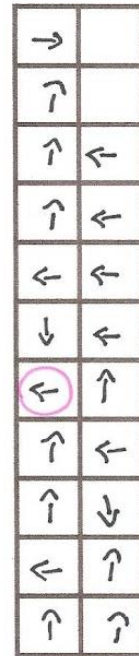
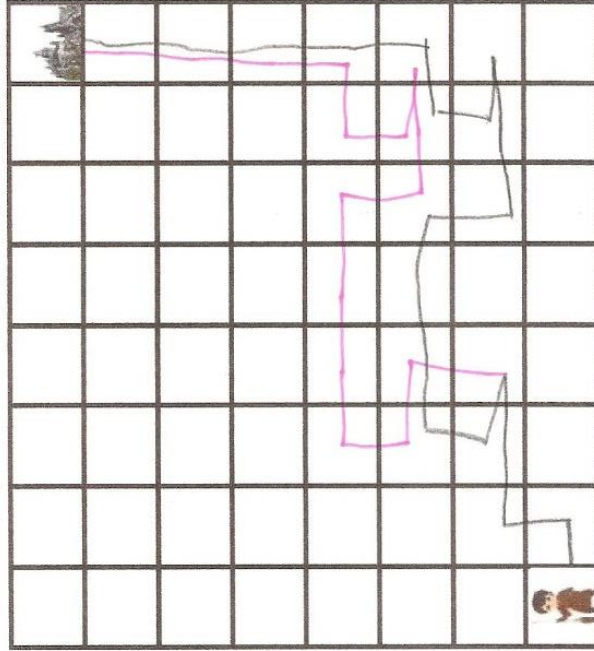
Annexe XVI : Quadrillage 4x3



Annexe XVII : Erreur de comptage de cases

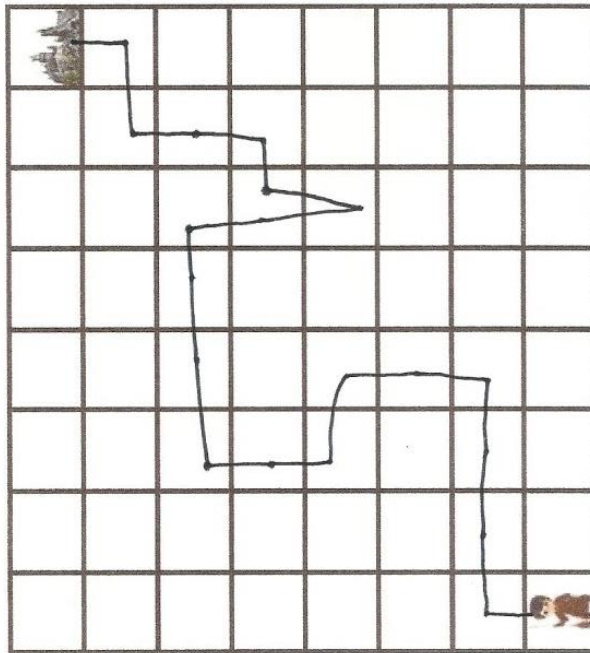
Date : *24 mai*

Décode le chemin de Harry jusqu'à Poudlard en suivant les flèches indiquées dans les wagons du Poudlard Express.



Pseudonyme : _____

Harry s'en va pour Poudlard, code son parcours avec les flèches correspondantes dans les wagons du Poudlard Express.

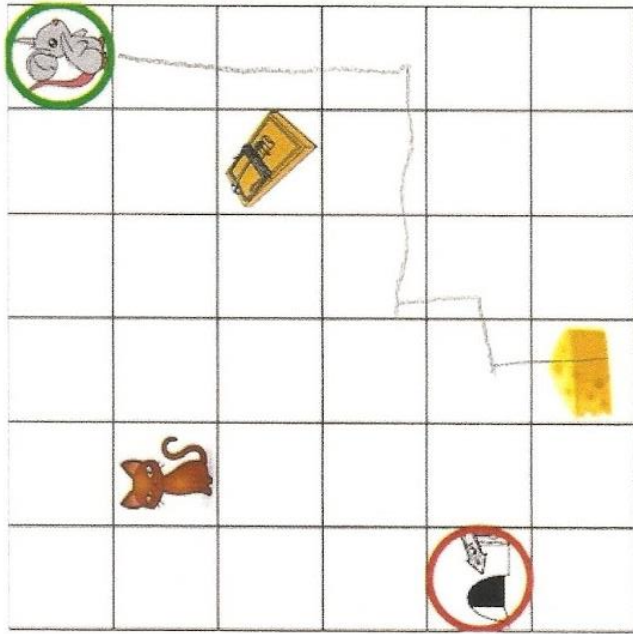


Annexe XVIII : Erreur de non compréhension

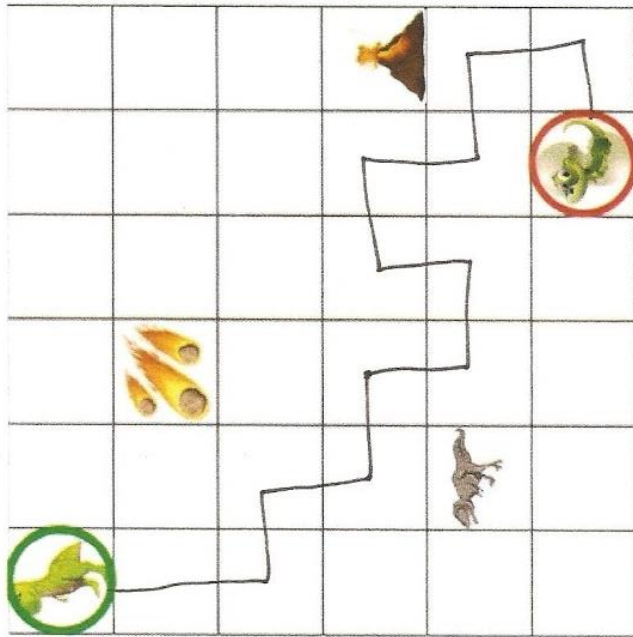
Date : 29/03/19

Prénom : [redacted]

Décode le parcours de la souris



Code le parcours du dinosaure



Annexe XIX : Stratégie sub-totale



1



2



3



4



5



6

