

LA CIBLE ET LE ROBOT, UN SCÉNARIO POUR LA FORMATION GRANDEURS ET MESURE DANS UN ENVIRONNEMENT NUMÉRIQUE

Anne BILGOT

COPIRELEM, INSPE de Paris
anne.bilgot@inspe-paris.fr

Christophe BILLY

COPIRELEM, INSPE de Toulouse
christophe.billy@univ-tlse2.fr

Richard CABASSUT

COPIRELEM, IREM de Strasbourg, LISEC EA2310
richard.cabassut@gmail.com

Gwenaëlle VAY

COPIRELEM, INSPE de Nantes
gwenaëlle.vay@univ-nantes.fr

Hélène ZUCCHETTA

COPIRELEM, IREM de Lyon
helene.zucchetta@gmail.com

Résumé

Ce texte rend compte d'un atelier animé par des membres de la COPIRELEM lors du colloque de la COPIRELEM à Marseille en 2023. Cet atelier fut l'occasion de présenter un scénario de formation portant sur l'enseignement des grandeurs à l'école, conçu pour donner l'occasion aux formés d'expérimenter et de mettre en mots différentes connaissances et procédures qu'ils doivent enseigner. Ce scénario, fondé sur un problème de communication d'un parcours à un robot, s'inscrit dans un projet plus large de la COPIRELEM visant à questionner l'usage des outils numériques pour l'apprentissage d'une notion mathématique. La situation proposée dans le scénario est similaire à une situation qui peut être proposée à des élèves de l'école élémentaire. L'objectif de l'atelier était, d'une part, de déterminer dans quelle mesure l'utilisation d'un robot peut enrichir une situation d'apprentissage sur les grandeurs et mesures et, d'autre part, de questionner la pertinence de construire un scénario de formation par homologie (Houdement et Kuzniak, 1996) fondé sur cette situation, en nous référant au cadre d'analyse des situations de formation de la COPIRELEM (Guille-Biel Winder et al., 2019).

Ce texte rend compte d'un atelier animé par plusieurs membres de la COPIRELEM. Le travail présenté s'inscrit dans la continuité d'une réflexion conduite par la COPIRELEM sur les apports potentiels de l'utilisation d'outils numériques dans des situations de formation pour l'enseignement de notions mathématiques (Billy, Cabassut, Petitfour, Simard et Tempier, 2018 ; Bilgot, Cabassut, Courcelle et Grietens, 2020). Ce compte-rendu est structuré en cinq parties, qui reprennent les phases successives de l'atelier : une présentation succincte du contexte dans lequel nos travaux s'inscrivent ; un compte-rendu de la mise en situation des participants de l'atelier ; des propositions pour l'exploitation de cette situation en formation (propositions des participants, puis retours de formation des animateurs de l'atelier) ; une présentation de deux expérimentations dans des classes de l'école élémentaire ; en conclusion, une analyse succincte du scénario de formation en référence au cadre d'analyse des situations de la COPIRELEM (Guille-Biel Winder et al., 2019), visant à questionner la pertinence du choix d'un scénario par homologie (Houdement et Kuzniak, 1996).

I - CONTEXTE ET OBJECTIFS DE NOTRE TRAVAIL

1 L'apparition de l'algorithmique dans les programmes de 2015 et dans les sujets du CRPE

Les programmes de 2015 (MENSR, 2015) ont introduit l'algorithmique et la programmation aux cycles 2 et 3 à travers des activités de repérage dans l'espace au cycle 2 et de repérage dans l'espace et géométrie au cycle 3. Les activités de programmation apparaissent comme un support à la construction d'apprentissages dans ces domaines (espace et géométrie). Plus précisément, on peut lire qu'il est attendu des élèves qu'ils apprennent, au cycle 2 puis au cycle 3, à « programmer les déplacements d'un robot ou ceux d'un personnage sur un écran », en prenant appui sur des « repères spatiaux » et des « relations entre l'espace dans lequel on se déplace et ses représentations ». Pour le cycle 3, il est précisé que les « activités spatiales et géométriques constituent des moments privilégiés pour une première initiation à la programmation notamment à travers la programmation de déplacements ou de constructions de figures ».

Par ailleurs depuis la session 2016, l'épreuve écrite du Concours externe de Recrutement des Professeurs des Écoles comporte quasiment systématiquement un exercice en lien avec l'algorithmique.

2 « La croix » : un scénario de formation en géométrie

Dès 2015, la COPIRELEM a développé un scénario de formation pour l'enseignement de la géométrie, intitulé « La croix » (Billy, Cabassut, Petitfour, Simard et Tempier, 2018 ; Bilgot, Cabassut, Courcelle et Grietens, 2020). Ce scénario repose sur un problème de reproduction d'une figure dans différents environnements (papier-crayon, papier-ciseaux, logiciel de géométrie dynamique et logiciel de programmation des déplacements d'un robot virtuel) et vise en particulier à mettre en évidence que le recours aux outils numériques conduit à des changements de regard sur les figures (de la surface au point en passant par la ligne).

3 « La cible » : une nouvelle situation de formation en lien avec les grandeurs

Dans la continuité de cette réflexion, nous travaillons depuis 2018 sur l'élaboration d'un scénario de formation mobilisant l'utilisation d'un robot pour enrichir une situation d'apprentissage sur les grandeurs. Cette réflexion a été initiée par Bruno Courcelle, formateur à l'INSPE du Puy-en-Velay et alors membre de la COPIRELEM, qui mettait en œuvre un tel scénario en formation continue. Son point de départ est la programmation d'un robot pour qu'il atteigne une zone cible.

Nous avons ainsi cherché à développer un scénario de formation portant sur l'enseignement des grandeurs à l'école intégrant également des objectifs de formation relevant de deux autres domaines : l'algorithmique et la programmation de robots. Pour ces trois domaines, la situation proposée est en premier lieu conçue pour donner aux formés l'occasion d'expérimenter et de mettre en mots différentes connaissances et procédures qu'ils doivent enseigner. Elle doit également permettre aux formateurs d'explicitier des connaissances mathématiques et didactiques afférentes.

Par ailleurs, à travers l'analyse de cette situation, nous cherchons à cerner en quoi l'utilisation d'un robot pourrait enrichir, en classe, une situation d'apprentissage sur les grandeurs ; plus précisément, nous souhaitons étudier dans quelle mesure le robot, par ses actions et la validation de la réalisation de la tâche qu'il permet, peut contribuer à l'acquisition de notions liées aux grandeurs et mesures, en particulier celle d'unité de longueur (cette notion est ordinairement associée à la longueur d'étalons comme des allumettes, des bandes de papiers, ... que l'on peut juxtaposer puis reporter, et nous nous demandons si l'incarner par un pas du robot pourrait contribuer à sa conceptualisation).

II - MISE EN SITUATION DES PARTICIPANTS

1 Modalités de travail et consignes pour le travail de groupe

1.1 Présentation aux participants du problème à résoudre

L'atelier a commencé par une mise en situation des participants de l'atelier, similaire à celle que nous mettons en œuvre en formation. La première consigne que nous avons donnée est la suivante :

Vous disposez d'un robot. Ce robot est pour le moment dans une zone d'expérimentation. Vous devrez le programmer dans cette zone, pour qu'ensuite il puisse effectuer un parcours extérieur à cette zone, en allant seul de la ligne de départ à la cible, sans nouvelle programmation.

En complément, nous avons projeté, à titre d'illustration, un exemple de plan de parcours possible (figure 1) en précisant que le parcours effectif serait découvert ultérieurement.

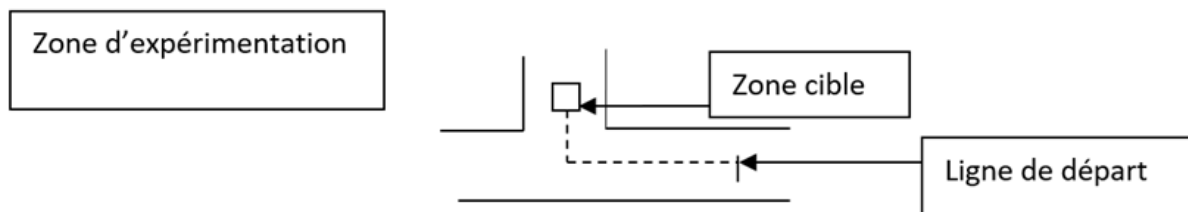


Figure 1. Plan de l'exemple générique de parcours projeté lors de la présentation de la situation

1.2 Le matériel mis à disposition

Nous avons distribué un robot (type Bee-Bot) et du matériel à chacun des groupes, en précisant aux participants qu'ils pourraient ensuite utiliser le matériel de leur choix : une pelote de ficelle, une bande de papier (rouleau d'une caisse enregistreuse), un tasseau de bois, une paire de ciseaux, une feuille A3 et une feuille A4 (figure 2).

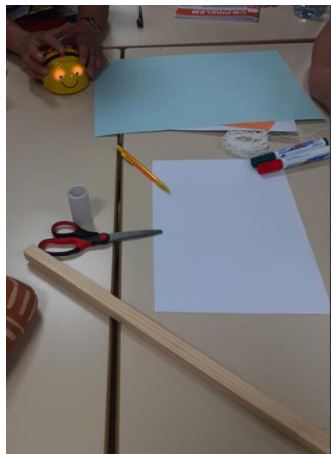


Figure 2. Le matériel mis à la disposition de chacun des groupes

1.3 Consignes pour les différentes étapes de la résolution du problème

Nous avons ensuite précisé le déroulement de la mise en situation, découpé en quatre phases, avec pour chacune des phases les consignes récapitulées ci-dessous.

1. Dans les zones d'expérimentation propres à chaque groupe :
 - découvrir si nécessaire le fonctionnement du robot ;
 - élaborer une stratégie pour résoudre le problème, en identifiant les informations à aller prélever sur la zone du parcours avant la programmation et une manière pour les prélever ;
 - décrire cette stratégie sur la feuille A4 ;
 - s'il reste du temps : envisager d'autres stratégies pour résoudre le problème.

2. Sur le parcours que le robot devra effectuer ensuite (sans emporter le robot) :
 - chaque groupe prélève les informations nécessaires à la programmation du robot ;
 - pendant qu'un groupe fait ses prélèvements, les autres groupes observent ;
 - si un groupe reconnaît la procédure qu'il souhaitait mettre en œuvre, il peut récupérer les informations pendant le prélèvement du groupe en action.
3. Retour dans les zones d'expérimentation :
 - écrire sur la feuille blanche le programme à saisir sur le robot ;
 - programmer le robot.
4. Retour sur le parcours (avec le robot) :
 - chaque groupe teste son programme.

2 Production des participants lors de la mise en situation

2.1 Élaboration et rédaction des stratégies envisagées pour résoudre le problème

Dans ce paragraphe, nous présentons succinctement les productions des participants de l'atelier lors de la phase 1 de la mise en situation. Les textes rédigés par les différents groupes pour décrire la stratégie de reproduction envisagée dans la zone d'expérimentation, sans avoir vu le parcours, sont présentés en annexe 1. De manière synthétique nous avons relevé les propositions suivantes :

- Construire à l'aide d'une ficelle d'un gabarit du parcours pour pouvoir le reproduire dans la salle d'expérimentation.
- Construire un étalon du pas du robot sur la bande de papier ou sur la ficelle (figure 3.a.).
- Construire un instrument de longueur égale à un nombre donné de pas de robot sur la bande de papier, le tasseau ou la ficelle (figure 3.b, à gauche).
- Construire une règle graduée en pas de robot sur la bande de papier ou le tasseau (figure 3.b., à droite).

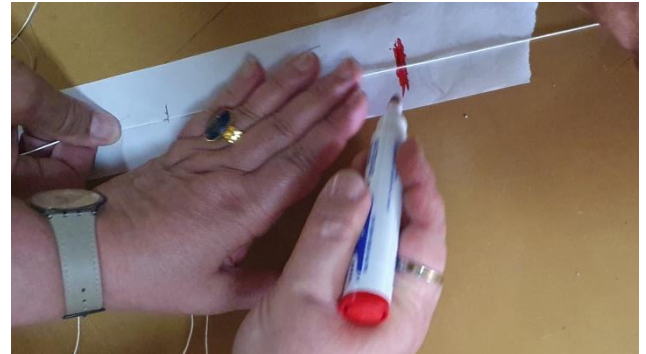


Figure 3.a. Construction d'un étalon du pas du robot

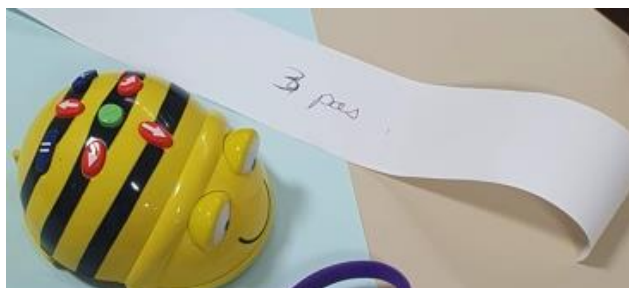


Figure 3.b. Construction d'une bande de papier longue comme 3 pas du robot et construction d'une règle graduée en pas de robot

2.2 Mise en œuvre des stratégies et adaptations éventuelles

Le parcours à réaliser, que les participants ont découvert en sortant de la salle dans laquelle l'atelier se déroulait, consistait à contourner un mur. Il est représenté en figure 4.

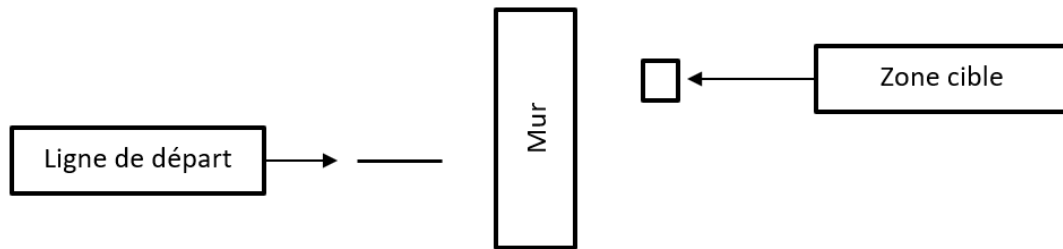


Figure 4. Parcours à faire effectuer par le robot

Le sol était quadrillé de dalles carrées fournissant pour certains groupes les lignes à suivre.

Nous avons fait le choix, lors de l'atelier, de laisser les participants envisager leurs procédures sans avoir vu au préalable le parcours à réaliser. Cela les a souvent conduits à adapter, voire à modifier les stratégies initialement envisagées. En particulier certains groupes ont éprouvé le besoin de matérialiser le parcours à effectuer en utilisant la ficelle tendue ou la bande de papier avant d'en mesurer la longueur (figure 5, à gauche) ; d'autres ont cherché à alléger la charge de reports des étalons en construisant rapidement un instrument comportant des reports multiples de l'étalon rapporté de la zone d'expérimentation (figure 5, à droite).



Figure 5. Adaptations in situ de certaines stratégies : matérialisation du parcours à l'aide d'une ficelle tendue ; construction d'un instrument avec plusieurs reports d'un étalon

Nous avons aussi observé dans un groupe une attention particulière à la localisation sur le parcours des points en lesquels faire pivoter le robot en cherchant à anticiper la position du « centre » du robot (son point de giration), et pas seulement celle de son « nez » (figure 6).



Figure 6. Recherche de localisation des emplacements des points de giration du robot

Finalement, le problème a été résolu par chacun des groupes (le robot a atteint la cible). Un récapitulatif des traces écrites des différents groupes réalisées à l'issue de cette phase est disponible en annexe 2.

2.3 Programmation des robots et écriture des codes

De retour dans la zone d'expérimentation, les participants ont programmé leurs robots à partir des informations collectées dans la zone du parcours. Ces dernières étaient souvent consignées sur un plan (exemples en figure 7).

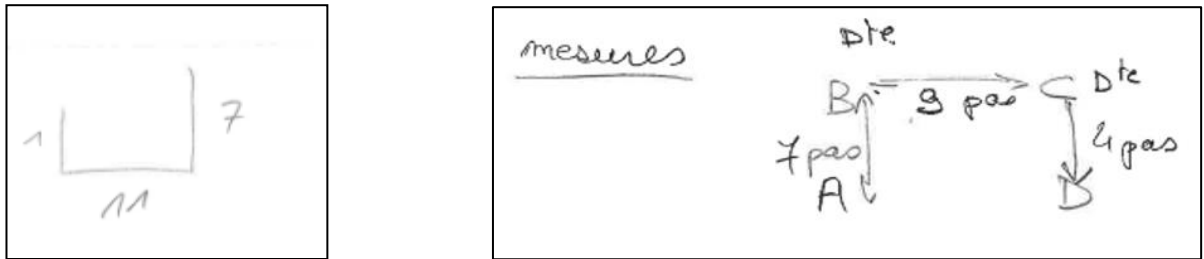


Figure 7. Exemples de plans produits pour résumer les informations collectées sur le parcours

Les codes produits par les groupes (disponibles dans leur intégralité en annexe 3) sont de natures différentes : certains listent les instructions pas à pas (exemple à gauche en figure 8) ; d'autres regroupent des instructions de même nature en utilisant des structures itératives (au centre en figure 8); enfin un groupe fait « danser le robot » en lui faisant délibérément réaliser sur son chemin des mouvements supplémentaires (à droite en figure 8).

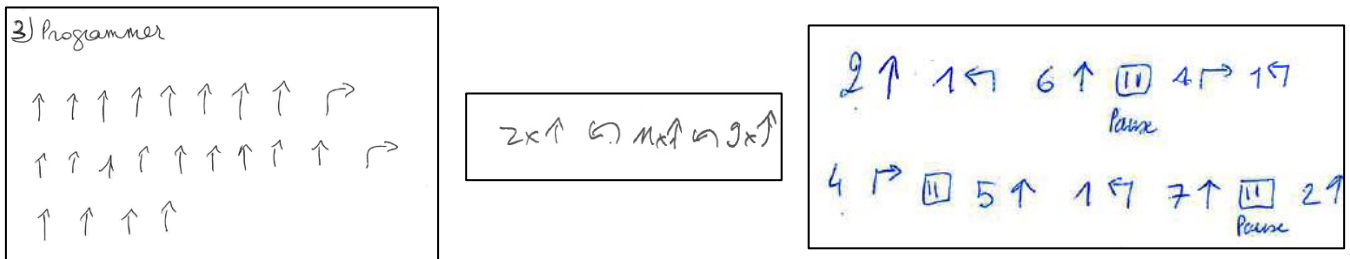


Figure 8. Exemples de codes produits par les participants

III - EXPLOITATION DE LA SITUATION EN FORMATION

1 Les propositions des participants

Après avoir vécu cette situation les participants ont eu à répondre, par groupe, aux questions suivantes :

1. Quelles exploitations vous paraissent possibles en formation ?
2. Proposez des pistes pour structurer une mise en commun (objectifs, exploitation des productions, apports, ...)

Pour amorcer la réflexion des participants, nous avons montré à l'aide d'un visualiseur les textes écrits par chacun des groupes au cours de la phase précédente (cf. annexes 1 et 2), sans les commenter. En complément, nous avons fourni les productions de professeurs des écoles stagiaires ayant vécu la même situation (cf. annexe 6).

Le recueil des propositions écrites des différents groupes est consultable en annexe 4. Ces propositions ont été complétées oralement par des échanges entre participants lors de la mise en commun. Nous en proposons une synthèse dans la suite de ce paragraphe.

Les propositions de pistes d'exploitation en formation formulées par les participants portent sur différents domaines.

- Grandeurs et mesures : faire le point sur l'enseignement des grandeurs et des mesures, les différentes étapes (comparaison directe, indirecte, construction d'un étalon, introduction d'une unité de mesure non conventionnelle puis usuelle, construction d'une règle graduée, ...) en insistant sur l'importance

d'utiliser un étalon non conventionnel et de prendre soin de le reporter jusqu'à construire une règle graduée.

- Connaissance du robot : importance de bien connaître les caractéristiques du robot, de savoir le programmer et de connaître son pas (distance parcourue avec une action « Avancer »). Certains ont également souligné l'importance de la connaissance de la fonction de la touche « X ».
- Matériel mis à disposition (ficelle, tasseau, bande de papier, ...) : importance d'anticiper les difficultés éventuelles des élèves à utiliser précisément, à des fins mathématiques, ce matériel.
- Caractère motivant de la situation : des participants ont proposé de souligner l'aspect ludique du robot, permettant de construire une situation-problème motivante et auto-validante.
- Croiser les programmes (contenus et disciplines) : le robot est mis au service des apprentissages comme outil pour introduire un étalon (le pas du robot), mais aussi comme objet technique.
- Structuration de l'espace : la situation permet de travailler sur l'espace représenté et l'espace vécu ainsi que l'utilisation d'un plan et du repérage.

D'autres éléments ont été évoqués au cours des échanges lors de cette mise en commun :

- La mise en mots autour des grandeurs est parfois difficile pour les étudiants et même parfois pour des enseignants en poste, comme le montre l'analyse des productions de stagiaires. Le mot « étalon » est peu connu, le report d'unités peu employé.
- Des erreurs dans la constitution d'une règle graduée peuvent être exploitées (par exemple, dans le cas où l'arrière du robot est positionné au bord de la feuille et pris comme origine, et où l'avant du robot est marqué, ce qui a comme conséquence que le premier écart entre deux graduations n'a pas la même longueur que les écarts suivants, longs comme un pas du robot).
- Le choix des instruments peut conduire à des discussions : dans l'atelier, un seul groupe a fait des marques sur la ficelle sur une grande longueur ; on peut penser que le tasseau et la bande de papier pourraient être privilégiés en classe au détriment de la ficelle, peut-être en raison de la rigidité des deux premiers et de leur ressemblance avec une règle.

Le rôle de l'analyse *a priori* a été rappelé par des participants, en soulignant que la mise en situation peut aider à prévoir les différentes stratégies d'élèves de CP ou de CE1 et les classer suivant leur validité (dans le cas positif, en jugeant de leur efficacité, et sinon, en analysant les types d'erreurs sous-jacents).

Il a aussi été noté qu'en classe, les objectifs ne sont pas les mêmes qu'en formation où tout est condensé dans un temps restreint : il faut transposer les apports théoriques sur les grandeurs en progression de séquence en lien avec les programmes et des objectifs précis par séance, prévoir les activités dans différents espaces (mésos-espace pour la situation de la cible, micro-espace pour des activités papier-crayon), formuler des consignes, un déroulement et une mise en commun...

Pour compléter la discussion nous avons posé la question suivante aux participants :

Qu'apporte, de votre point de vue, la spécificité du matériel "robot" par rapport aux objectifs que vous avez identifiés ?

Outre l'aspect ludique du robot permettant d'enrôler et de fixer l'attention de la majorité des élèves, les participants ont souligné le caractère auto-validant de la situation que fournit le robot dans cette situation de type émetteur-récepteur. Il a cependant été relevé que quelques règles de fonctionnement du robot méritent d'être explicitées : fonction de la touche « X » ; vocabulaire à utiliser pour décrire le mouvement de rotation du robot (« pivoter » plutôt que « tourner », pour souligner que le robot n'avance). Enfin, il a été évoqué que le décalage entre le comportement théorique du robot et son déplacement en pratique peut être source de difficultés (déviations dans la trajectoire initiale, prise en compte du point de giration du robot).

Pour conclure cette phase, la mise en commun a été l'occasion pour certains participants à l'atelier d'évoquer des situations qu'ils avaient de leur côté mises en œuvre en formation pour travailler sur l'enseignement des grandeurs et des mesures, comme par exemple :

- Faire mesurer le périmètre d'une « grande figure ».
- Faire mesurer des longueurs avec des unités non conventionnelles.
- Poser le problème de retrouver l'unité de référence après un mesurage, la mesure d'une longueur étant donnée.

2 Nos propositions

Après la mise en commun des propositions d'exploitation en formation faites par les participants, nous avons à notre tour présenté la manière dont nous avons, avant l'atelier, exploité la situation de la cible en formation, en évoquant quelques-uns des scénarios que nous avons mis en œuvre.

2.1 Des objectifs de formation possibles

Les objectifs possibles que nous avons identifiés lors de l'élaboration de la situation de formation sont les suivants.

Grandeurs et mesures

À partir d'un problème de communication d'un parcours à un tiers en vue de sa réalisation :

- Travailler sur les notions d'étalons, d'unités, d'instruments de mesure.
- Travailler sur l'apprentissage des longueurs au cycle 2, en le replaçant dans la progression de l'enseignement des grandeurs mesurables à l'école.

Algorithme et programmation

- Découvrir les fonctionnalités d'un robot et apprendre à en programmer des déplacements.
- Éventuellement, s'initier à un autre langage de programmation pour programmer des déplacements avec un logiciel ; découvrir la structure itérative « répéter ... fois ... ».
- Questionner l'intérêt d'utiliser des robots pour enseigner des mathématiques à l'école.

Espace et géométrie (structuration de l'espace)

- Travailler sur différentes manières de définir et décrire des déplacements (en donnant des instructions à un autre élève, via une représentation sur papier, en programmant un robot), en appui sur les notions de référentiel fixe et de référentiel mobile.

Ces objectifs de formation ont été formulés en cohérence avec des items des programmes actuellement en vigueur au cycle 2 dans les domaines relevant des grandeurs et mesures et de la structuration de l'espace (cf. annexe 5 pour retrouver les extraits de programmes projetés pendant l'atelier). Nous les travaillons dans chacun des scénarios que nous avons élaborés, mais l'importance accordée respectivement à chacun d'entre eux varie selon les scénarios.

2.2 Des mises en œuvre avec des variantes

En restant dans le cadre des objectifs possibles que nous venons de citer, nous avons expérimenté cette situation en en faisant progressivement évoluer le scénario.

Initialement, la situation a été expérimentée en se focalisant sur l'enseignement des grandeurs : les formés devaient résoudre le problème de la cible ainsi qu'un second problème : la situation des amphores, dans laquelle deux groupes de participants doivent comparer des contenances de deux récipients éloignés à partir d'une mallette d'instruments communs, offrant une diversité d'étalons possibles (Henry, Lambrecht et Van Geet, 2012). À l'issue de la résolution de ces deux problèmes, une mise en commun fondée sur des formulations orales des procédures mises en œuvre pour résoudre les deux problèmes

était conduite, avant une institutionnalisation portant sur l'enseignement des grandeurs à l'école sous l'angle de la progressivité des procédures de comparaison figurant dans les programmes (cf. annexe 5).

D'autres expérimentations ont ensuite eu lieu, dans lesquelles nous avons, en plus, demander aux formés de mettre par écrit le code programmé sur leur robot. Dans ces cas, la mise en commun et l'institutionnalisation ont davantage porté sur des éléments relatifs à l'algorithmique et à la programmation.

Enfin, lors de nos dernières expérimentations, nous avons ajouté une phase de rédaction de la procédure de résolution envisagée avant sa mise en œuvre, ainsi qu'une phase d'observation des procédures de résolution mises en œuvre par les pairs, avec description de ces procédures. La phase de mise en commun démarre alors par ces textes et les éventuelles difficultés de formulation rencontrées par les formés, avant de conduire à une institutionnalisation portant dans un premier temps sur la progressivité dans l'enseignement des grandeurs, puis dans un second temps sur la représentation de déplacements dans l'espace.

2.3 Retours de formation et éléments possibles pour une institutionnalisation : procédures de résolution du problème

Au fil de nos expérimentations, nous avons constaté des éléments récurrents (que nous avons d'ailleurs observés une nouvelle fois lors de la mise en situation des participants de l'atelier !) : le problème posé ne présente, dans la grande majorité des cas, aucune difficulté de résolution par les formés ; le problème posé permet de faire émerger différentes procédures de résolution ; la diversité des procédures de résolution observées se retrouve d'une expérimentation à une autre.

Nous présentons dans la suite les principales procédures que nous avons régulièrement observées.

Première famille de procédures : reproduction du parcours dans la zone d'expérimentation à l'aide d'un objet intermédiaire sur lequel la longueur de chacune des portions du parcours a été reportée, puis simulation du parcours par le robot dans la zone d'expérimentation (figure 9). Le parcours est alors effectué pas à pas par le robot dans la zone d'expérimentation, et le programme à saisir est déduit de cette expérience.



Figure 9. Parcours intégralement reproduit à l'aide de bandes de mousse ou de morceaux de ficelle

Deuxième famille de procédures : mesurage de la longueur du parcours en choisissant comme unité de longueur le pas du robot. La résolution commence par la création d'un étalon de la longueur d'un pas du robot, à l'aide de l'un des supports mis à disposition (bande de papier, tasseau, ficelle, ...). La longueur du parcours est alors mesurée par report de l'étalon (figure 10), et le programme est déduit des mesures de longueurs obtenues sur chacune des portions du parcours.



Figure 10. Mesurage de la longueur du parcours en pas de robot à l'aide d'un étalon du pas du robot

Dans toutes les expérimentations que nous avons conduites, nous avons pu observer pour au moins un groupe de participants la fabrication d'un instrument sur lequel plusieurs étalons sont reportés successivement, voire la fabrication d'une règle graduée ; nous avons alors pu observer, d'une expérimentation à l'autre, des systèmes de numérotation divers : avec ou sans le zéro, avec des nombres écrits entre les graduations ou au niveau des graduations, de gauche à droite ou de droite à gauche (figure 11).

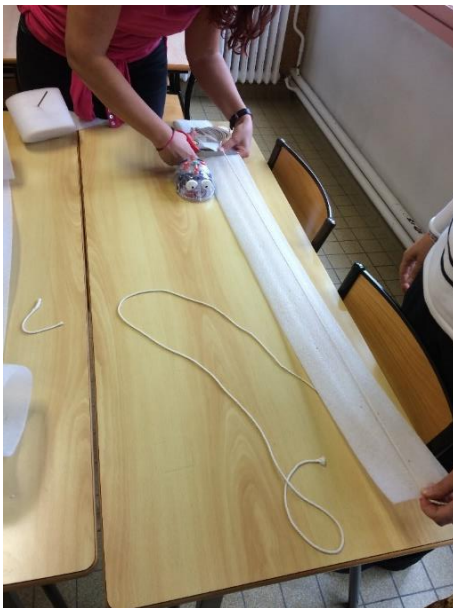


Figure 11. Construction sur une bande en mousse d'un étalon d'un pas du robot, après avoir fait avancer le robot une fois (à gauche) ; règle graduée obtenue par report de cet étalon (à droite, en haut). A droite, en bas, autre exemple de règle obtenue en formation : absence de zéro et numérotation de droite à gauche

Troisième famille de procédures : mesurage du parcours en référence à plusieurs unités de longueur, puis conversion (via des calculs) pour exprimer la longueur obtenue en pas de robot.

Nous avons ainsi pu observer des groupes qui construisent, en complément d'un étalon du pas du robot, un étalon d'une longueur multiple du pas du robot, par exemple une baguette longue comme deux pas de robot (figure 12), ou une bande de papier longue comme quatre pas de robot. Ils mesurent alors la longueur du parcours à l'aide de plusieurs unités (ex : « cette portion du parcours est longue comme deux grandes bandes et une petite ») avant de calculer la mesure de la longueur du parcours en pas de robot en effectuant, par calcul, les conversions nécessaires.



Figure 12. Mesurage de la longueur du parcours à l'aide de plusieurs unités de longueur (ici, chaque baguette a pour longueur deux pas de robot)

Remarque : nous avons indiqué plus haut qu'au fil de nos expérimentations, nous avons observé une récurrence dans la diversité des procédures observées (avec les trois familles évoquées ci-dessus régulièrement observées). Il nous faut préciser que les conditions matérielles ont cependant une influence sur les procédures ; par exemple, la présence d'un sol carrelé ou la mise à disposition d'un instrument gradué en centimètres peut inciter à utiliser la longueur d'un carreau ou le centimètre comme unités de longueur intermédiaires et favoriser l'apparition de procédures fondées sur des conversions et des calculs. De même, cantonner la zone d'expérimentation à une table influence les procédures au sens où cela empêche la reproduction intégrale du parcours (première famille citée ci-dessus). Une autre variable que nous avons identifiée réside dans les dimensions de la zone cible : un carré-cible dont le côté est de l'ordre du pas du robot nécessite davantage de soin dans le relevé des dimensions du parcours et dans la prise en compte des mouvements du robot (point de pivot, légère déviation en cours de parcours ...) qu'un carré-cible dont le côté a pour longueur deux pas de robot (ce qui peut être suffisant pour ne pas parasiter la situation de formation par des éléments peu utiles par rapport aux objectifs de formation visés).

Lors de l'institutionnalisation, la première famille de procédures peut être mise en lien avec l'étape de comparaison indirecte de longueurs par report sur un objet intermédiaire évoquée dans les programmes de cycle 2. La deuxième famille de procédures peut être mise en lien avec l'introduction de la mesure des longueurs en référence à une unité (cf. document 1 de l'annexe 7 pour un exemple d'extrait de manuel qui peut être étudié à cette occasion). Enfin, la troisième famille permet d'évoquer l'introduction du système d'unités conventionnelles pour la mesure des longueurs et les conversions. Les descriptions écrites des procédures de résolution envisagées permettent de mettre au jour des confusions entre les verbes « reporter » et « mesurer » une longueur, ou entre les notions d'« étalon » et d'« unité » et de les rectifier (cf. annexe 6 pour retrouver les exemples de descriptions produites par des PE stagiaires distribués pendant l'atelier).

Enfin, un retour sur les règles graduées produites par certains groupes peut fournir un point de départ pour rappeler le sens des nombres qui figurent sur une règle graduée (domaine grandeurs et mesures) et établir des liens avec l'enseignement des représentations des nombres sur une droite graduée (domaine nombres et calcul), par exemple en conduisant un travail sur les items suivants du programme de cycle 2 (MENJS, 2020) :

- Utiliser diverses représentations des nombres (écritures en chiffres et en lettres, noms à l'oral, **graduations sur une demi-droite**, constellations sur des dés, doigts de la main...).
- Associer un nombre entier à une position sur une demi-droite graduée, ainsi qu'à la distance de ce point à l'origine.
- Graduer une demi-droite munie d'un point origine à l'aide d'une unité de longueur.
- Associer un nombre ou un encadrement à une grandeur en mesurant celle-ci à l'aide d'une unité.

Une mise en lien avec le travail à conduire au cycle 3 pour donner progressivement aux fractions un statut de nombres à partir de situations où elles codent des mesures de longueurs est également possible, par exemple en prenant appui sur un extrait d'un document ressource institutionnel sur les fractions et décimaux (MENSUR, 2016b) évoquant ce passage (cf. document 2 en annexe 7).

2.4 Retours de formation et éléments possibles pour une institutionnalisation : exploitations des codes écrits

Dans les dernières expérimentations que nous avons conduites, nous avons demandé aux formés d'écrire sur une feuille le code qu'ils allaient saisir sur le robot, avant de le saisir. Comme cela peut se voir sur les productions insérées ci-après, dans certains cas nous avons demandé de noter ce code sur une grille quadrillée, alors que dans d'autres nous avons distribué du papier blanc.

Quel que soit le support distribué, nous avons retrouvé dans certaines productions des éléments déjà relevés dans des scénarios de formation intégrant des robots (Berrouiller et Eysseric, 2019), à savoir des schémas qui s'apparentent à un plan du parcours à suivre par le robot (autrement dit, une vue de dessus), avec des flèches qui codent des déplacements par rapport à des repères fixes, extérieurs au robot. Trois exemples de telles productions sont montrés en figure 13.

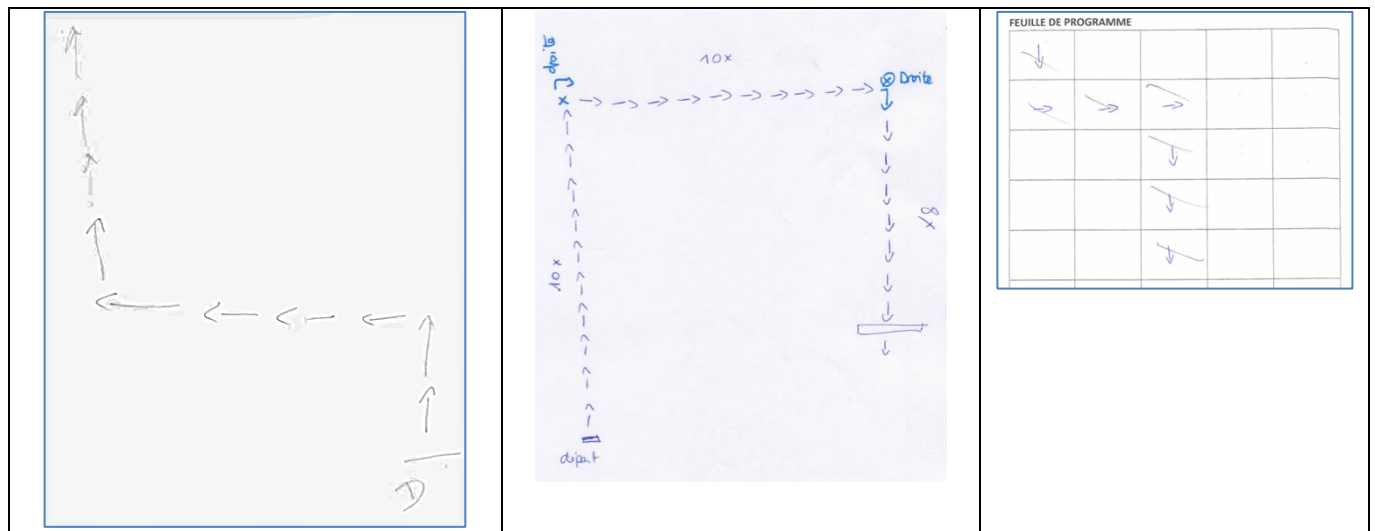


Figure 13. Exemples de productions recueillies en formation initiale, où, en réponse à la demande du code saisi sur le robot, les participants communiquent une vue de dessus du parcours

Les autres productions relevées (qui sont majoritaires) comportent, comme attendu, uniquement des flèches correspondant aux instructions du robot, c'est-à-dire codant des déplacements dans le référentiel du robot (avancer, pivoter à gauche, pivoter à droite). Parmi elles, que le support soit quadrillé ou blanc, on peut distinguer deux familles de productions : celles pour lesquelles les structures itératives ne sont pas spontanément mobilisées, et celles pour lesquelles elles sont déjà disponibles, comme illustré en figure 14.

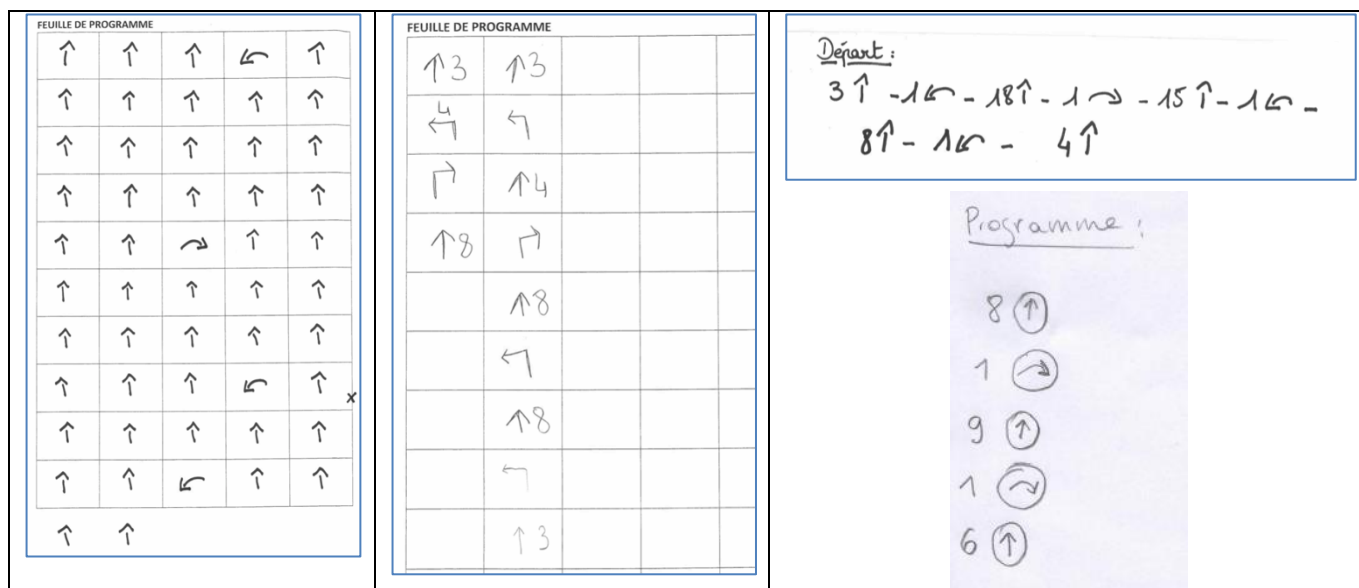


Figure 14. Exemples de productions recueillies en formation initiale, où, en réponse à la demande du code saisi sur le robot, les participants communiquent bien une liste d'instructions dans le langage du robot ; dans certaines, les structures itératives sont déjà disponibles ; dans d'autres elles ne le sont pas encore

Pour l'institutionnalisation, il est possible d'apporter des éléments liés aux déplacements absolus et relatifs présents dans les programmes du cycle 2, et à la cohabitation de flèches avec des significations différentes dans les codages enseignés (cf. document 3 de l'annexe 7 pour des extraits de manuels qui peuvent servir de point d'appui pour ce travail). Il est également possible de travailler des éléments d'algorithmique sur les structures itératives, par exemple en prolongeant cette situation par des problèmes de construction ou reproduction de figures à programmer avec le logiciel Scratch, pour des figures se prêtant à la reconnaissance de répétition de motifs, par exemple en lien avec des exercices de l'épreuve écrite du CRPE¹.

IV - EXPÉRIMENTATIONS EN CLASSE

Comme exposé en introduction, la situation proposée aux participants a été conçue, dans un premier temps, à destination d'un public d'adultes en formation initiale ou continue. Questionnant la place des situations d'homologie en formation (Houdement et Kuzniak, 1996) ainsi que les potentialités éventuelles du robot dans les situations d'apprentissage, nous avons souhaité expérimenter la situation dans des classes de l'école primaire, pour observer les procédures, réussites et difficultés des élèves, en nous posant les questions suivantes :

- Quel(s) intérêt(s) cette situation peut-elle présenter pour les apprentissages des élèves ?
- Quelle(s) plus-value(s) la présence du robot peut-elle apporter notamment auprès d'élèves à besoins particuliers ?

À la date de l'atelier, nous avons expérimenté la situation dans deux classes, une du Cours Préparatoire (CP) et une autre dans une Unité Localisée pour l'Inclusion Scolaire (ULIS). Dans les deux cas, les enseignantes avaient reçu le document fourni en annexe 8 décrivant la mise en œuvre envisagée.

¹ Voir par exemple les exercices du groupement académique 1 en 2022 ou 2023 :

<https://www.devenirenseignant.gouv.fr/les-sujets-des-epreuves-ecrites-et-rapports-des-jurys-des-concours-de-recrutement-de-professeurs> (consulté en novembre 2023)

1 Les classes

1.1 En classe de CP

La classe de CP n'est pas en « zone d'éducation prioritaire » mais est située dans l'un des quatre « quartiers prioritaires » de la ville de Castres.

Avant la mise en œuvre de la séance proprement dite, l'enseignante a proposé une séance ayant pour objectif que les élèves découvrent et se familiarisent avec les robots.

La séance de « la cible et du robot » a été menée en classe entière, en salle de motricité, les 22 élèves étant répartis en 6 groupes. Les parcours à faire effectuer au robot étaient similaires à ceux proposés lors de l'atelier. Les zones d'expérimentation étaient matérialisées au sol par du ruban adhésif, comme on peut en voir une illustration en figure 15.

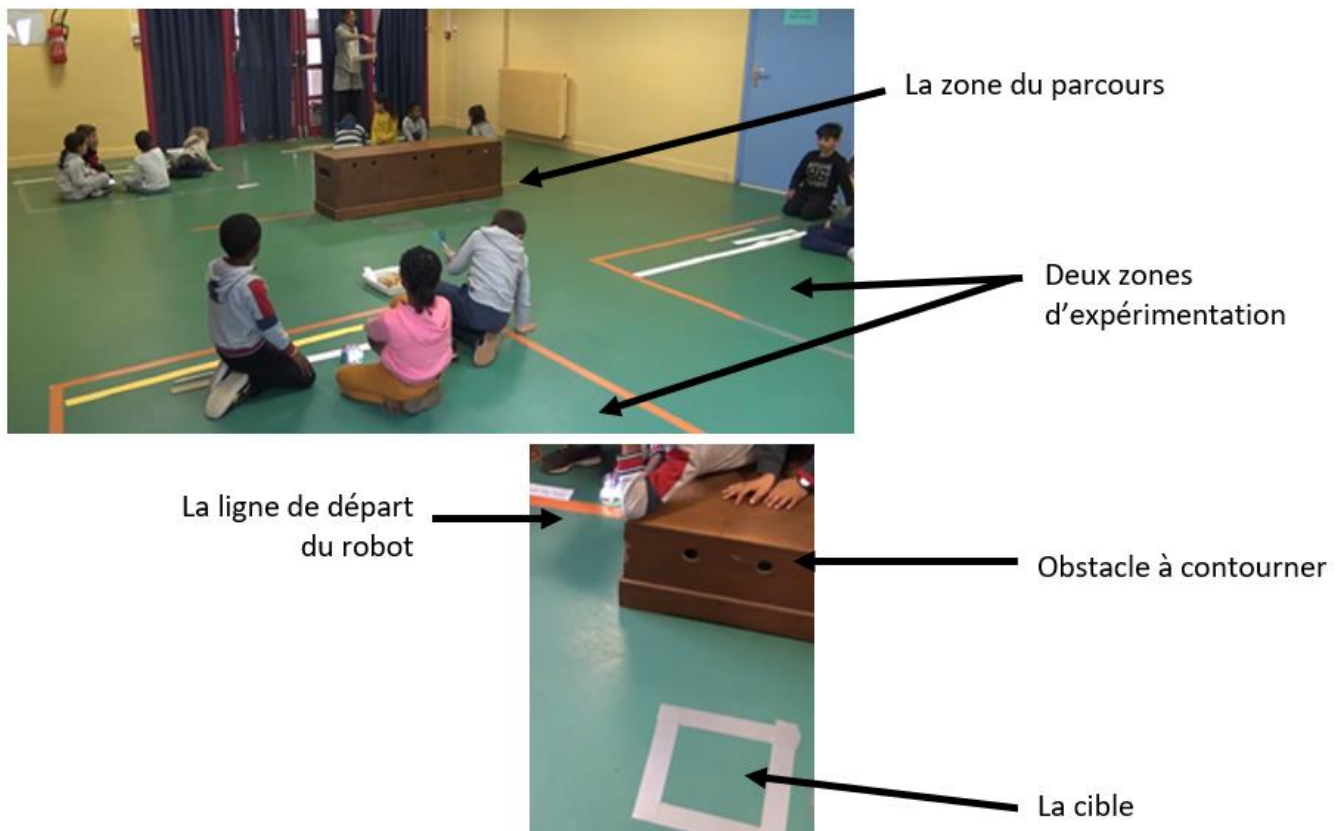


Figure 15. Configuration de la salle pour la mise en œuvre de la situation en CP
(vue générale et zoom sur la zone du parcours)

Le matériel à disposition des élèves était le suivant : une ficelle, un stylo, des bandes de papier et cartonnées, des ciseaux (figure 16).



Figure 16. Le matériel mis à disposition des élèves

À propos du matériel, rappelons que le document ressource sur Grandeurs et mesures du cycle 2 (MENSUR, 2016a) précise dans les « Stratégies d'enseignement » que :

Le travail mené gagne à s'appuyer en priorité sur la manipulation d'objets réels pour « percevoir » les différentes grandeurs étudiées : de simples baguettes, ficelles ou encore bandelettes de papier permettent de donner du sens à la notion de longueur. (MENSUR, 2016a, p. 3)

1.2 En classe d'ULIS

Deux enseignantes ont mené la séance avec deux élèves UEE (Unité d'Enseignement Externalisée) de CM2 souffrant d'autisme et neuf élèves scolarisés en ULIS du CE1 au CM2 (TSA-dys : Trouble du Spectre Autistique, accompagné d'un trouble de l'apprentissage).

En amont de la séance de « la cible et du robot », 5 séances ont été incluses dans la progression pour que les élèves se familiarisent avec le robot et abordent les premiers éléments de programmation.

2 Procédures des élèves

2.1 Des procédures qui ne permettent pas de résoudre le problème

Dans les deux classes, nous avons observé dans certains groupes des procédures qui ne permettent pas de résoudre le problème posé : report d'étalons de natures diverses (empan, pied, ...) sans aller jusqu'au mesurage, les élèves n'ayant manifestement pas encore pris conscience que le nombre de reports serait nécessaire pour programmer le robot. Ces reports de longueur sont parfois réalisés effectivement (figure 17) ou approximativement, de manière perceptive, en déplaçant un tasseau ou un doigt (figure 18). Dans tous ces cas, le lien entre l'étalon et le pas du robot n'ayant pas été clairement explicité, l'information recueillie ne permet pas de résoudre le problème.



Figure 17. Report de pieds tout au long du parcours



Figure 18. Reports de longueur de manière approximative : avec un tasseau ou avec le doigt

Nous avons également observé des procédures similaires à celles que nous avons recensées pendant l'atelier ou en formation. Nous les décrivons succinctement dans la suite.

2.2 Reproduction de parcours

Certains élèves cherchent à reproduire matériellement le parcours du robot dans la zone d'expérimentation par juxtaposition de bandes ou par un tracé à la craie (figure 19) ; parmi eux, certains font ensuite avancer le robot le long de ce parcours.

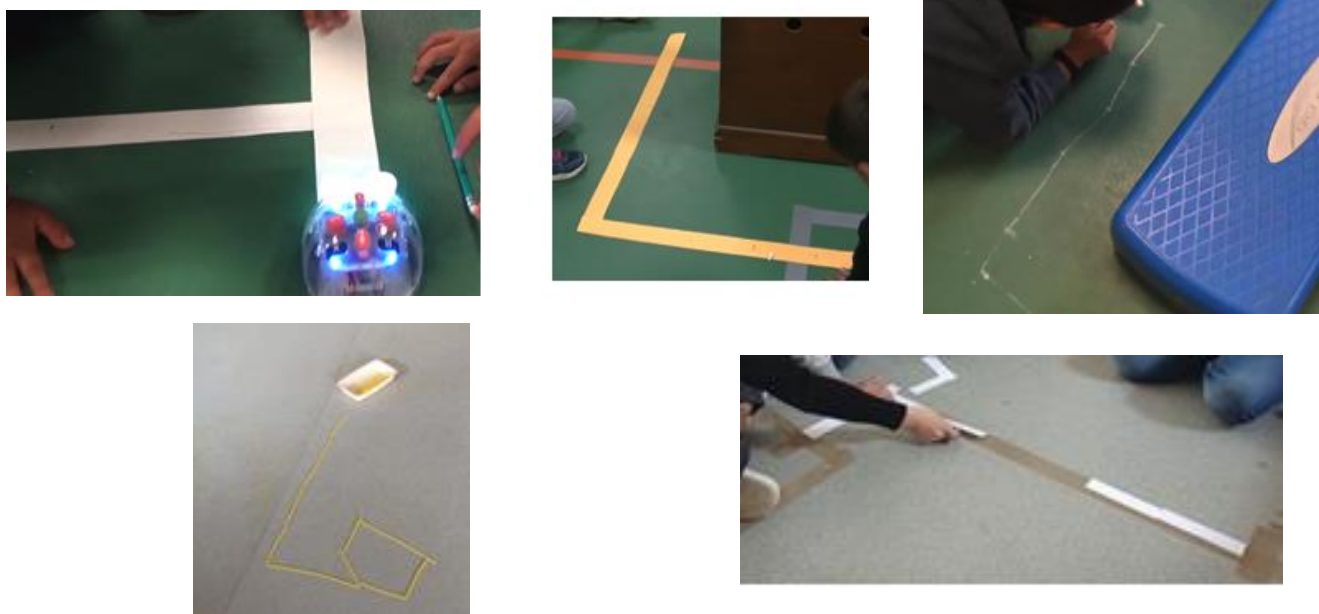


Figure 19. Tentatives de reproduction du parcours dans la zone d'expérimentation

2.3 Construction et report d'un étalon

D'autres élèves perçoivent la nécessité de reporter le pas du robot et en construisent un étalon soit à l'aide d'un morceau de ficelle, soit par report sur la bande cartonnée mise à disposition (figure 20).



Figure 20. Report d'un pas du robot à l'aide d'une ficelle ou d'une règlette intermédiaire.
Découpage de plusieurs étalons pour les accoler sur le parcours

2.4 Vers la construction d'une règle graduée

Dès la première séance en CP, certains groupes perçoivent l'intérêt du report multiple de l'étalon sur un objet pour diminuer le nombre de manipulations ultérieures (figure 21).

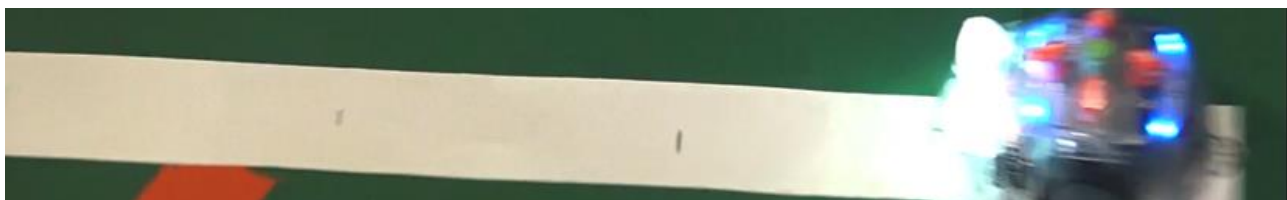


Figure 21. Report d'un pas du robot sur une bande de papier (premier pas vers une règle graduée)

3 Le point de vue des enseignants

À la suite des mises en œuvre dans les classes, nous avons recueilli en entretien les réponses des enseignantes aux questions posées au début de cette partie IV. Nous en livrons ci-après une synthèse.

3.1 Sur l'enseignement des grandeurs

Dans les deux classes, la situation a permis d'aborder la mesure de longueurs par des procédures variées permettant de disqualifier les procédures approximatives (report de pieds, d'empans) au profit de procédures valides reposant sur le choix d'une origine, de l'étalon adéquat (le pas du robot) et sur l'identification du nombre de reports à effectuer, et permettant de faire émerger des outils permettant de garder la mémoire de cette dernière information. Dans la classe de CP notamment, 5 séances ont suivi celle proposée et ont permis en fin de chacune d'elles de faire émerger ces éléments de connaissance.

3.2 Sur l'apport du robot

Au-delà du fait que le robot fournisse un exemple d'étalon non conventionnel (son pas) pour mesurer des longueurs, les enseignantes ont pointé d'autres potentialités liées à son utilisation.

Dans les deux classes, le robot s'est révélé être un facteur de motivation pour entrer dans la tâche. On retrouve en cela le constat exprimé par Bellegarde, Boyaval et Alvarez (2021) :

(...) véritable outil de médiation, le jouet programmable, de par ses aspects ludiques et tangibles, favorise la motivation des élèves et leur implication dans des activités porteuses de significations (Komis et Misirli, 2013) tout en leur permettant de s'y identifier par « effet miroir ». (Bellegarde, Boyaval et Alvarez, 2021, p. 18)

Réussir à faire atteindre la zone cible au robot a bien constitué une situation de recherche pour les élèves qui ont effectivement adopté une posture de chercheur lors des séances. On s'inscrit alors dans le point de vue des auteurs précédents citant Romero (2018) qui invite à dépasser l'enseignement du codage (au sens de coder avec un langage informatique) pour s'inscrire dans une démarche plus large qui engage les apprenants dans un processus critique et créatif de la résolution de problème.

Le robot a ainsi permis d'ancrer une tâche complexe s'inscrivant dans la durée d'une séquence chez certains élèves, notamment en ULIS, pour qui l'évocation du contexte et des apprentissages d'une séance à l'autre est, d'après l'enseignante, parfois problématique.

Le robot rend la situation auto-validante et, en classe ULIS, semble contribuer à modifier la relation élève-enseignant. En cas de non-réussite, la frustration engendrée n'est pas systématiquement dirigée vers l'enseignant déchargé de la validation de la solution proposée.

La relation diadique élève-enseignant se transforme en une relation triadique élève-objet numérique-enseignant qui semble enrichie comme peut le décrire Renault (2015).

Quelques points de vigilance ont cependant été relevés par les enseignantes :

- Le pas du robot est proche de la longueur d'une main ce qui peut conduire certains élèves à substituer cet étalon à celui du pas du robot pour résoudre le problème.
- La nécessité d'effacer les instructions en mémoire avant chaque nouvel essai (touche X) a constitué une charge chez certains élèves en ULIS qui oubliaient de réinitialiser le robot avant d'insérer leurs nouvelles instructions.

V - CONCLUSION

Notre questionnement initial concernant la place du robot dans les apprentissages nous a conduit à l'envisager comme un outil au service des apprentissages. Le retour d'expérience de la mise en œuvre dans les deux classes citées, illustrant certains points établis par la recherche, nous conduit à penser que son introduction dans le milieu contribue effectivement à l'enrichir.

En conclusion de ce compte-rendu, nous proposons une analyse succincte de notre scénario de formation en nous référant au cadre d'analyse des situations de formation (figure 22) développé par des membres de la COPIRELEM (Guille-Biel Winder et al., 2019).

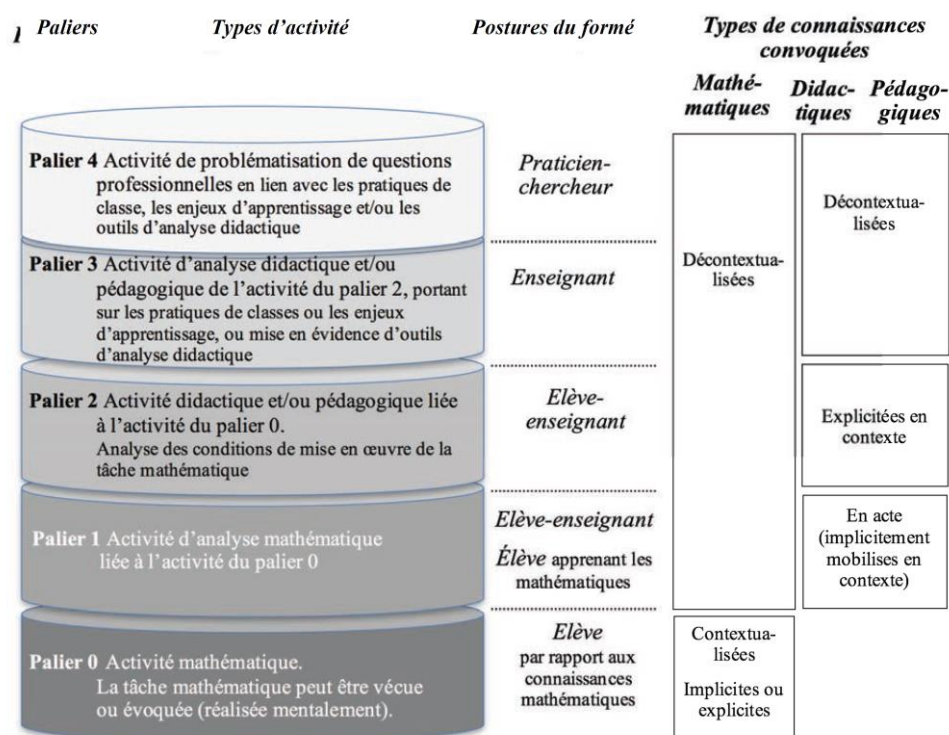


Figure 22. Différents paliers dans un scénario de formation [Guille-Biel Winder et al., 2019]

Le scénario proposé permet aux formés, dans un premier temps, de vivre l'activité mathématique (palier 0). La similitude relevée entre les procédures mises en œuvre par les élèves des deux classes, celles observées en formation ou lors de l'atelier pour résoudre le problème (palier 0) (reconstitution du parcours, construction d'une règle graduée par report, ...) nous semble justifier l'intérêt de cette situation d'homologie en formation.

L'analyse des descriptions des procédures de résolution envisagées rédigées avant d'aller en salle d'expérimentation permet une analyse mathématique de la situation (palier 1). C'est aussi à partir de celle-ci que peut s'engager une réflexion aux paliers 2 et 3, en particulier à propos des objectifs d'apprentissage : le choix pourra porter sur l'enseignement des grandeurs ou celui de la programmation. Enfin, à partir de cette situation vécue, l'analyse des conditions de mise en œuvre de la tâche mathématique (palier 2) sera facilitée.

Ainsi, l'ensemble du travail conduit au cours des premières étapes du scénario (résolution du problème, analyse des procédures et des conditions de mise en œuvre) peut être présenté par le formateur comme des composantes d'une analyse *a priori* de la séance/séquence, et pourra alors être mis en valeur comme un geste professionnel permettant d'anticiper le déroulé en classe des situations.

VI - BIBLIOGRAPHIE

- Bellegarde, K., Boyaval, J. et Alvarez, J. (2021). Initier des élèves de maternelle à la robotique/informatique : quand les supports médiateurs impactent la grammaire de l'agir enseignant. Dans *Technologies pour l'apprentissage de l'informatique de la maternelle à l'Université* [Numéro Spécial]. *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation*, 28 (3), 13 – 38. Consulté en septembre 2023, url : https://www.persee.fr/doc/stice_1764-7223_2021_num_28_3_1823
- Berrouiller, C. et Eysseric, P. (2019). Beebots et Bluebots en classe : analyse de pratiques professionnelles. Dans *Actes du 45ème colloque COPIRELEM, Blois 2018*. Paris : ARPEME. Consulté en septembre 2023, url : <https://publimath.univ-irem.fr/numerisation/WO/IWO19006/IWO19006.pdf>
- Bilgot, A., Cabassut, R., Courcelle, B. et Grietens, G. (2020). Quels apports de la programmation pour la reproduction d'une figure géométrique ? Dans *Actes du 46e colloque de la COPIRELEM, Lausanne 2019*. Paris : ARPEME. Consulté en septembre 2023, url : <https://publimath.univ-irem.fr/numerisation/WO/IWO20018/IWO20018.pdf>
- Billy, C., Cabassut, R., Petitfour, E., Simard, A. et Tempier, F. (2018). Quels apports de la programmation pour la reproduction d'une figure géométrique ? Perspectives pour la formation. Dans *Actes du 44e colloque COPIRELEM, Epinal 2017*. Paris : ARPEME. Consulté en septembre 2023, url : <https://publimath.univ-irem.fr/numerisation/WO/IWO18003/IWO18003.pdf>
- Guille-Biel Winder, C., Mangiante-Orsola, C., Masselot, P., Petitfour, E., Simard, A. et Tempier, F. (2019). *Construire une expertise pour la formation à l'enseignement des mathématiques à l'école primaire. Tome 1. Situations - Ressources - Analyses*. Collection : Les outils du formateur. Paris : ARPEME.
- Henry, V., Lambrecht, P. et Van Geet, P. (2012). "Maths & Manips" : introduction de manipulations dans les classes pour favoriser la construction des apprentissages. Dans *Actes du 38e colloque COPIRELEM, Dijon 2011*. Dijon : IREM de Dijon. Consulté en septembre 2023, url : <https://publimath.univ-irem.fr/numerisation/WO/IWO12015/IWO12015.pdf>
- Houdement, C. et Kuzniak, A. (1996). Autour des stratégies utilisées pour former les maîtres du premier degré en mathématiques. *Recherches en didactique des mathématiques*, 16 (3). Grenoble : La pensée sauvage.
- Komis, V. et Misirli, A. (2013). Étude des processus de construction d'algorithmes et de programmes par les petits enfants à l'aide de jouets programmables. Dans B. Drot-Delange, G.-L. Baron et E. Bruillard (eds), *Sciences et technologies de l'information et de la communication (STIC) en milieu éducatif*. Clermont-Ferrand : Presses Universitaires Blaise-Pascal. Consulté en septembre 2023, url : <https://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00875628>
- MENESR (2015). Programmes pour les cycles 2, 3 et 4. BO spécial n°11 du 26 novembre 2015. Consulté en septembre 2023, url : <https://www.education.gouv.fr/au-bo-special-du-26-novembre-2015-programmes-d-enseignement-de-l-ecole-elementaire-et-du-college-3737>
- MENESR. (2016a). Grandeurs et mesures au cycle 2. Eduscol. Consulté en septembre 2023, url : <https://eduscol.education.fr/document/15406/download>
- MENESR. (2016b). Fractions et nombres décimaux au cycle 3. Eduscol. Consulté en septembre 2023, url : <https://eduscol.education.fr/document/36665/download>
- MENJS. (2020). Programmes du cycle 2. BO n°31 du 30 juillet 2020. Consulté en septembre 2023, url : <https://eduscol.education.fr/84/j-enseigne-au-cycle-2>
- Renault, R. (2015). Autisme : prendre en compte la spécificité des TSA lors de l'analyse d'interaction didactique entre : élève autiste – enseignant – logiciel éducatif. *La nouvelle revue de l'adaptation et de la scolarisation*, 72 (4), 279 – 293. Suresnes : éditions INSHEA. Consulté en septembre 2023, url : <https://www.cairn.info/revue-la-nouvelle-revue-de-l-adaptation-et-de-la-scolarisation-2015-4-page-279.htm>
- Romero, M. (2018). Développer la pensée informatique pour démystifier l'intelligence artificielle. *Bulletin de la société informatique de France*, 12, 67 – 75. Consulté en septembre 2023, url : <https://www.societe-informatique-de-france.fr/wp-content/uploads/2018/06/1024-no12-Pensee-Informatique.pdf>

ANNEXE 1 : STRATÉGIES ENVISAGÉES PAR LES PARTICIPANTS

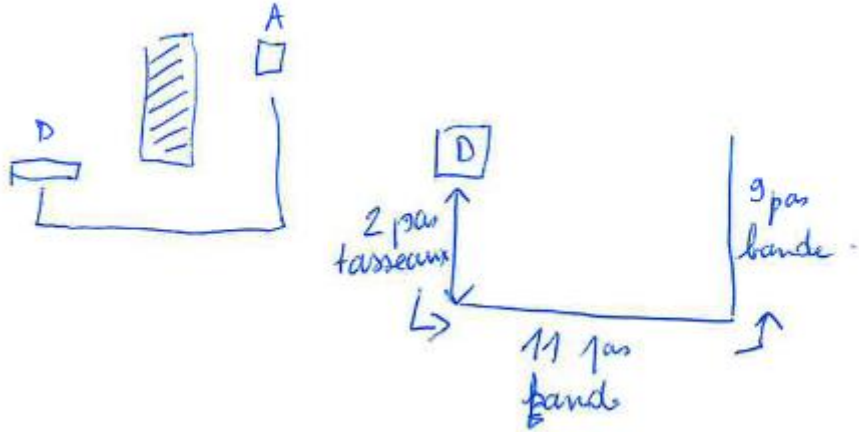
Groupe 1	<u>Stratégie (s)</u> Jessica G1 1) On reporte sur le tasseau la longueur <u>d'un déplacement</u> (puis 2) de la beebot. notre unité de longueur pour gagner du temps. par cela, on a d'abord pointé le <u>déplacement</u> sur une feuille de papier, puis tasseau, pour + de précision. 2) On va mesurer les segments du parcours ^{observer l'orientation} et les angles ^{90°} entre chaque segment avec le tasseau ou la ficelle. forcément ↳ pour la ficelle sur le segment. ↳ mesure sa longueur.
Groupe 2	<u>Stratégies diverses</u> → gradué totalement ou pas ? → mixer les lignes du robot du mur ? → dessiner les angles ou pas ? <u>Stratégie:</u> J: robot pour 1 déplacement report sur la ficelle F: un tasseau = 3 unités. M: mesurer les distances à la ficelle sur le terrain, sans graduation. Tous: on prend un plan des parcours avec la ficelle.
Groupe 3	1) fabriquer étalons 4 pas, 2 pas, 1 pas 2) Mesurer avec nos bandes étalons de 4 pas, 2 ou 1 pas les parties rectilignes. + Noter les "pivoter" à programmer
Groupe 4	Le point mallette du Robot ^(Groupe) <u>INFOS NECESSAIRES</u> - Explorer le Robot: (1) enregistre puis flèche ^{→ av} ^{→ gauche} ^{90°} ^{90°} ^{(X) annule} - mesurer la longueur des pas du robot. ^{90°} → Etalonnage du bâton en PAS ^{feuille bleue: largeur 2 PAS} <u>Behaviors</u> On mesure ^{les segments} avec la ficelle. Codage A, B, C aux changements de direction. marquage couleur qd ^{tau droit} VERT ^{tau gauche} NOIR le segment ^{final} en bleu.

Groupe 5	Stratégie : ⑤ Hélène Étalonne nos instruments de mesure en fonction du pas de BeBot. → Étalonnage intermédiaire sur la table avec le BeBot (5 pas - 5 graduations) → report sur le tasseau puis report sur la bande de papier. → report de la graduation sur le tasseau et lecture de la graduation de 1 → 3 → report " " " la bande papier et lecture de la graduation 1 → 15 → ficelle sera utilisée dans le couloir pour mesurer la longueur du couloir → on fera un plan de la couloir avec des repères sur la ficelle. Si petite longueur, utilisation du tasseau gradué en 3 pas.
Groupe 6	Stratégie Delphine. ⑥ ① prise de connaissance du fonctionnement du BeBot flèche avant, flèche $\frac{1}{4}$ de tour, flèche recul ② mesure du pas du robot : tracé de la longueur parcourue avec l'équerre et validation de la mesure avec plusieurs prises et recul. ③ mesure du quart de tour et de la longueur après le $\frac{1}{4}$ de tour.

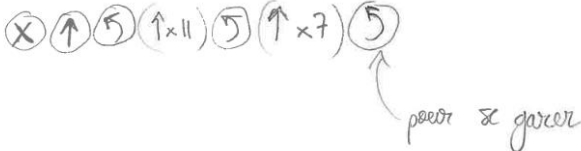
ANNEXE 2 : ADAPTATIONS ÉVENTUELLES DES STRATÉGIES UNE FOIS LE PARCOURS CONNU

Groupe 1	⚠ Sur terrain, on a modifié notre stratégie car on s'adapte, c'est dans notre personnalité ; -) On a utilisé la bande de papier et on l'a gradué rapidement en reportant les traits du tasseau.
----------	---

Groupe 2	2^o lgt stratégie on suit les traits du sol 3^o on guide la ficelle sur place et on donne le plan coté.
Groupe 4	<u>Behors</u> On mesure les segments avec la ficelle ! Codage A, B, C aux changements de direction. marquage couleur qd l'av droit VERT l'av gauche NOIR le segment final en bleu. <u>mesures</u>

Groupe 5	
Groupe 6	Sur le Terrain : En partant de la fin pour bien arriver dans la cible, on a utilisé les repères faits sur la ficelle en dénombrant le nombre de pas en ligne droite et les distances parcourues suite à $1 \frac{1}{4}$ de tour.

ANNEXE 3 : LES CODES DES PROGRAMMES

Groupe 1	
Groupe 2	Programme réalisé X 2x↑ ↶ m↑ ↷ 3x↑ et ça réussit!
Groupe 3	3) Programmer ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↷ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↷ ↑ ↑ ↑ ↑

Groupe 4	PROGRAMME Remise à zéro (X) (II) ↑↑↑ ↑↑↑ ↑ ↘ ↑↑↑ ↑↑↑ ↑↑↑ ↘ ↑↑↑ Tourner droite $\begin{matrix} \text{---} & \text{---} & \text{---} & \text{---} & \text{---} & \text{---} & \text{---} & \text{---} & \text{---} & \text{---} \\ \text{---} & \text{---} & \text{---} & \text{---} & \text{---} & \text{---} & \text{---} & \text{---} & \text{---} & \text{---} \\ \text{---} & \text{---} & \text{---} & \text{---} & \text{---} & \text{---} & \text{---} & \text{---} & \text{---} & \text{---} \end{matrix}$
Groupe 5	$\begin{matrix} 2 \uparrow & 1 \leftarrow & 6 \uparrow & \boxed{11} & 4 \rightarrow & 1 \leftarrow \\ & & \text{Pause} & & & \end{matrix}$ $\begin{matrix} 4 \rightarrow & \boxed{11} & 5 \uparrow & 1 \leftarrow & 7 \uparrow & \boxed{11} & 2 \uparrow \\ & & & & \text{Pause} & & \end{matrix}$
Groupe 6	$\begin{matrix} 8 \uparrow \\ \\ 1 \rightarrow \downarrow \\ \\ 8 \uparrow \\ 1 \rightarrow \downarrow \\ 3 \uparrow \end{matrix}$

ANNEXE 4 : PROPOSITIONS D'EXPLOITATIONS EN FORMATION

Groupe 1	→ classer les stratégies - valide → efficacité - invalides → type d'erreur → y a-t-il des changements de stratégies? pourquoi? → quels objectifs? → avec les élèves, dans vos (futurs) classes - point grandeurs
Groupe 2	<u>concrètement</u> : évaluation test objectif investigation espace réel (par rapport à) anticipation (feuille) Aspect mesuré = les instruments, balcons (cf. cycles) Lever entre dans l'espace

	Scénarii : * Objectif d'aliénation du matériel * Objectif d'investigation de l'espace réel (par rapport à l'espace anticipé sur la feuille) * Aspect mesure = les instruments, étalons (cf. cycles) * Lever de plan (passage entre les deux espaces)
Groupe 4	Choix de l'étalon 1 pos / 3 pos discret ou continu orientation ou départ & position + choix origine être minimaliste dans la programmation / précision difficulté de rendre à l'écrit les raisonnements
Groupe 5	Trise en commun Après Prise de connaissance des différentes stratégies : les identifier & les comparer. Nécessité d'étalonner. Difficultés à repérer

ANNEXE 5 - ANCRAGE DU SCENARIO PAR RAPPORT AUX PROGRAMMES DE L'ÉCOLE

Grandeurs et mesures

Dans les différents enseignements mais aussi dans leur vie quotidienne, les élèves sont amenés à comparer des objets ou des phénomènes en utilisant des nombres. À travers des activités de comparaison, ils apprennent à distinguer différents types de grandeurs et à utiliser le lexique approprié : longueurs (et repérage sur une droite), masses, contenances (et volume contenu), durées (et repérage dans le temps), prix. La comparaison de grandeurs peut être directe, d'objet à objet (juxtaposer deux baguettes), nécessiter la comparaison à un objet intermédiaire (utiliser un troisième récipient pour déterminer laquelle de deux bouteilles a la plus grande contenance) ou à plusieurs objets de même grandeur (mettre bout à bout plusieurs baguettes identiques pour comparer les longueurs de deux lignes tracées au sol). Elle peut également reposer sur la comparaison de mesures des grandeurs.

Dans le cas des longueurs, des masses, des contenances et des durées, les élèves ont une approche mathématique de la mesure d'une grandeur : ils déterminent combien de fois une grandeur à mesurer « contient » une grandeur de référence (l'unité). Ils s'approprient ensuite les unités usuelles et apprennent à utiliser des instruments de mesure (un sablier, une règle graduée, un verre mesureur, une balance, etc.).

(Se) repérer et (se) déplacer en utilisant des repères et des représentations
- Se repérer dans son environnement proche. - Situer des objets ou des personnes les uns par rapport aux autres ou par rapport à d'autres repères : - o vocabulaire permettant de définir des positions (gauche, droite, au-dessus, en dessous, sur, sous, devant, derrière, près, loin, premier plan, second plan, nord, sud, est, ouest, etc.) ; - o vocabulaire permettant de définir des déplacements (avancer, reculer, tourner à droite/à gauche, monter, descendre, etc.).
- Produire des représentations des espaces familiers (l'école, les espaces proches de l'école, le village, le quartier) et moins familiers (vécus lors de sorties) : - o quelques modes de représentation de l'espace (maquettes, plans, photos).
- S'orienter et se déplacer en utilisant des repères. - Réaliser des déplacements dans l'espace et les coder pour qu'un autre élève puisse les reproduire.
- Produire des représentations d'un espace restreint et s'en servir pour communiquer des positions.
- Programmer les déplacements d'un robot ou ceux d'un personnage sur un écran : - o repères spatiaux ; - o relations entre l'espace dans lequel on se déplace et ses représentations.

ANNEXE 6 : DOCUMENT DISTRIBUÉ PENDANT L'ATELIER - PRODUCTIONS DE PES

Stratégies envisagées avant d'aller prélever des informations dans la zone d'expérimentation.
Des productions de groupes de professeurs des écoles stagiaires en formation (janvier 2023).

Groupe 1

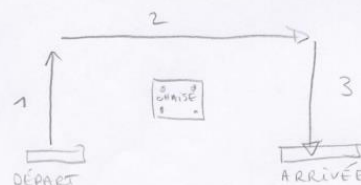
Procédure de mesure :

On mesure avec la ficelle la distance minimum à parcourir pour atteindre la ligne d'arrivée. On fait des nœuds à chaque virage. On utilise la feuille jaune pour faire des angles droits au niveau des nœuds. Ensuite, on compte le nombre de "pas" à programmer sur le robot à l'aide de la mesure déjà effectuée correspondant à une demi-feuille jaune par "pas" de robot.

Groupe 2

→ Nous avons utilisé la feuille jaune pour mesurer 1 déplacement du robot.
Longueur feuille jaune = 2 déplacements (↑)

→ Nous allons utiliser la ficelle pour calculer le parcours de déplacement du robot en 3 temps.



⚠ Lorsque le robot tourne il faut rajouter 1 déplacement.

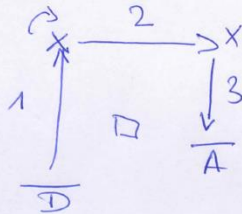
Groupe 3

mesure du parcours

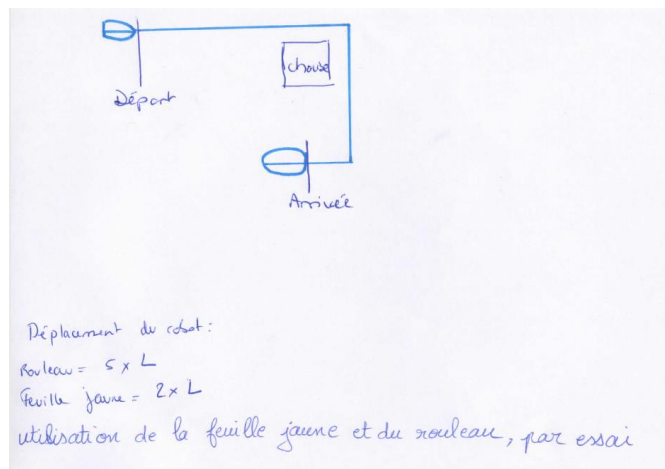
soit → étalon ficelle

soit → rouleau

Noter les changements de direction

**Groupe 4**

- 1) Bande de référence de la mesure d'un déplacement du robot (référence = R)
- 2 bandes (2R) découpées sur le papier jaune
- 2) Construction d'une règle sur le papier vert à l'aide de la bande R
- 3) La ficelle sert à tracer la trajectoire droite

Groupe 5

ANNEXE 7 : EXEMPLES DE DOCUMENTS POUVANT ÊTRE UTILISÉS PENDANT L'INSTITUTIONNALISATION

Document 1

Pour comparer des longueurs

Soit tu peux les comparer directement

Tu alignes les extrémités des 2 bandes (la verte et la bleue) sur la gauche.
 La bande verte est plus longue que la bande bleue.

Soit tu ne peux pas, utilise alors une bande de papier

Tu reportes la longueur de la bande verte sur la bande de papier et tu compares ensuite avec la bande bleue.

Pour mesurer une longueur, il faut choisir une unité

Tu peux reporter l'unité

unité
 bande à mesurer
 Je reporte 3 fois l'unité.
 La longueur de la bande bleue est de 3 unités.

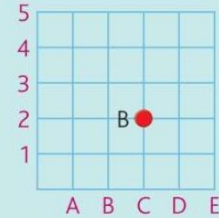
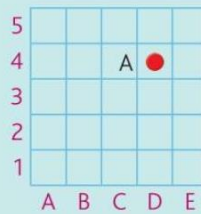
Tu peux utiliser la règle graduée

Sur cette règle graduée, l'unité est le centimètre.
 La longueur de la ligne est de 3 centimètres

Source : Cap Maths CP, Hatier, 2009.

Je retiens

- Les **plans** ou les **cartes** sont des **dessins** simplifiés de lieux : ils permettent de **se repérer** ou de **se déplacer** facilement dans l'espace.
- Pour **se repérer** ou **se déplacer**, on peut utiliser un **quadrillage** : grâce aux **codages de ses axes** horizontaux et verticaux, on détermine précisément les **coordonnées** d'un nœud ou d'une case.
- On commence toujours par citer les **coordonnées** d'un point par le repère de **l'axe horizontal** puis par celui de **l'axe vertical**.
Ex. : A (D ; 4), B (C ; 2)
- On peut aussi coder un déplacement à l'aide de **flèches** : → signifie « avance d'une case » ;
↻ « effectue un quart de tour à droite » et ↺ « effectue un quart de tour à gauche » sans changer de case.



Source : *Outils pour les maths, CM1, Magnard* (2020)

ANNEXE 8 : DOCUMENT FOURNI AUX ENSEIGNANTES POUR L'EXPÉRIMENTATION EN CLASSE

Une situation d'enseignement en cycle 2

La cible et le robot

Objectifs possibles

Grandeurs

A partir d'un problème de communication d'un parcours à un tiers en vue de sa réalisation :

- travailler sur les notions d'étalons, d'unités, d'instruments de mesure dans le cadre de l'enseignement des longueurs.

Algorithme et programmation

- découvrir les fonctionnalités d'un robot et apprendre à en programmer des déplacements ;
- éventuellement, s'initier à un autre langage de programmation pour programmer des déplacements avec un logiciel ; découvrir la structure itérative « répéter ... fois ... » ;

Espace et géométrie (structuration de l'espace)

Travailler sur différentes manières de définir et décrire des déplacements (en donnant des instructions à un autre élève, *via* une représentation sur papier, en programmant un robot), en appui sur les notions de référentiel fixe et de référentiel mobile.

Descriptif du scénario

Première phase : phase d'action, réalisation de la tâche

Matériel

Pour les élèves :

- des robots (type Bee-Bot® ou Blue-Bot®) pouvant faire un parcours en L ; un robot par groupe ;
- des instruments possibles : ficelles (entre 1m et 2m) ; une grande bande de papier (entre 1m et 2m) ; deux petites bandes de papier (une vingtaine de centimètres) ; une règle ou une bande de carton informelle (sur lesquelles on peut marquer des informations, par exemple de report) ; des ciseaux ; éventuellement : double décimètre ;
- éventuellement des feuilles de papier destinées à recueillir les programmes.

Pour la mise en place :

- ruban adhésif pour marquer la ligne de départ et délimiter par un rectangle la zone cible (cf. plus loin pour la configuration de la salle).
- Il faudra veiller à disposer d'un espace suffisant dans la salle afin que les groupes puissent travailler de façon isolée.

Déroulement (prévoir environ 45 min)

0) Découverte des fonctionnalités de base du robot

Chaque groupe de trois ou quatre élèves reçoit un robot et découvre librement le robot pendant une dizaine de minutes à l'issue desquelles on dégage les fonctionnalités de base : avancer, reculer, pivoter à gauche/droite, réinitialiser

1) Recherche

Les groupes travaillent dans une « zone d'expérimentation ». Ils doivent programmer le robot, depuis cette zone, pour que ce dernier puisse ensuite accomplir un parcours pour atteindre une zone cible.



La cible et le robot



Le robot n'est pas autorisé à sortir de la zone d'expérimentation pendant la phase de programmation ; il en sortira seulement pour la phase de validation. En revanche, pour la programmation, les élèves sont autorisés à se rendre sur le parcours, pour y recueillir toutes les informations qu'ils jugent utiles, à l'aide du matériel mis à leur disposition.

Consignes :

Vous disposez d'un robot. Ce robot est pour le moment dans une zone d'expérimentation. Vous devez le programmer dans cette zone, pour qu'ensuite il puisse aller seul de la ligne de départ à la cible, sans nouvelle programmation. Chaque groupe peut choisir le matériel qu'il souhaite utiliser.

Vous avez une vingtaine de minutes pour définir une stratégie et programmer votre robot. Nous ferons ensuite exécuter vos programmes, en vérifiant si vos robots respectifs arrivent bien dans la zone cible.

Les tâches à réaliser pendant ces deux étapes sont les suivantes :

- découverte du fonctionnement des robots ;
- étude du parcours pour déterminer la trajectoire (Figure 1), puis les instructions à donner au robot ;
- programmation du robot.

2) En collectif (validation)

Les robots sont placés sur la ligne de départ, et les programmes de chaque groupe sont testés (Figure 2 et 3).

3) Mise en commun des stratégies (à recueillir dictaphone, photo, vidéo)

4) En cas de non réussite de certains groupes, on pourra proposer une nouvelle tentative

5) Institutionnalisation suivant les objectifs choisis par le PE parmi ceux évoqués comme objectifs de la situation

Quelques photographies illustrant le déroulement dans une situation vécue en formation de PE



Figure 1 - Travail de groupe : étude du parcours pour déterminer la trajectoire



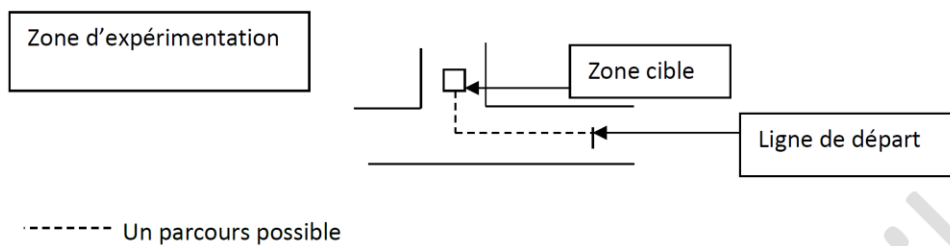
Figure 2 – Exécution du programme (ici avec des Bee-Bot® parties depuis la ligne de départ)



Figure 3 - Arrivée dans la cible et validation (ou non) du programme

Des exemples de parcours :

- Avec un changement de direction :



- Avec trois changements de direction :

