

QUELLES TRACES POUR OPERATIONNALISER LES APPRENTISSAGES DANS UN JEU ARTICULANT TANGIBLE ET NUMERIQUE ?

Jean-Pierre RABATEL

Chargé d'études, Institut Français de l'Éducation
ENS de Lyon, Équipe EducTice
jean-pierre.rabatel@ens-lyon.fr

Jean-Luc MARTINEZ

Chargé d'études, Institut Français de l'Éducation
ENS de Lyon, Équipe EducTice
jean-luc.martinez@ens-lyon.fr

Résumé

OCINAÉÉ (Objets Connectés et Interfaces Numériques pour l'Apprentissage à l'École Élémentaire) est un projet de recherche en e-éducation (2014-2016). Il propose des situations d'apprentissage des mathématiques au travers de jeux utilisant du matériel tangible (cartes, plateau de jeu, stylet) qui communique avec un environnement numérique par l'intermédiaire d'un petit robot mobile, d'un téléphone et de tablettes (Mandin, De Simone et Soury-Lavergne, 2016 ; Soury-Lavergne, 2016). L'un des quatre jeux, *Voyage dans le plan*, concerne l'orientation, le repérage spatial et le codage d'un déplacement (Rabatel et Soury-Lavergne, 2018). La collaboration est un élément nécessaire à la réussite dans ce jeu, en particulier lorsqu'elle s'appuie sur la production de traces. Ce jeu amène les élèves à prendre conscience que les traces sont nécessaires à la résolution de la situation problème proposée.

Cet atelier propose de réfléchir aux traces obtenues dans un jeu articulatif tangible et numérique et dans quelle mesure ces traces peuvent rendre les apprentissages davantage opérationnels.

Pour cela, nous présentons succinctement le projet OCINAÉÉ (partie I) puis le jeu *Voyage dans le plan*, support des traces à étudier (partie II). Les expérimentations conduites au cours du projet ont permis l'observation et le recueil des traces produites par le dispositif et les élèves. Nous les présentons dans leur contexte (partie III) avant d'en proposer une typologie en fonction du support sur lequel elles sont produites, de leur origine, de leur nature et du rôle qu'elles occupent dans la résolution du jeu (partie IV). Enfin, les participants à l'atelier ont été invités à prolonger les présentations pour analyser la situation pédagogique et identifier les évolutions possibles et les conditions associées pour obtenir des traces favorisant la collaboration et la résolution du problème (partie V).

I - PRESENTATION DU PROJET OCINAÉÉ

Le projet OCINAÉÉ – Objets Connectés et Interfaces Numériques pour l'Apprentissage à l'École Élémentaire – financé par le programme e-éducation « Investissements d'avenir », s'est déroulé de 2014 à 2016, en partenariat avec les entreprises digiSchool et Awabot, le centre ERASME de la Métropole de Lyon et l'IFÉ, en collaboration avec de nombreux participants dont 38 enseignants du primaire et du collège. Le projet a conçu et étudié des situations d'apprentissage des mathématiques mettant en jeu des objets matériels tels que plateaux de jeu, cartes, stylets, connectés à une plate-forme numérique par l'intermédiaire d'un petit robot mobile, d'un téléphone et de tablettes.

Quatre jeux ont été conçus lors d'ateliers de co-conception et expérimentés auprès de 2091 élèves de cycles 2 et 3 des écoles et collèges de la métropole de Lyon. Plusieurs boucles itératives ont contribué tout au long du projet à la conception et à l'amélioration des jeux d'un point de vue à la fois didactique et pédagogique. Les expérimentations ont permis le développement de questions de recherche relatives à l'articulation du tangible et du numérique dans les situations d'apprentissages, à la collaboration entre

les élèves dans les jeux et leur rôle sur l'évolution des stratégies de résolution de problème. Les quatre jeux permettent l'apprentissage du calcul, de la numération décimale des nombres entiers et décimaux, du repérage spatial et de l'orientation, du codage des positions et trajectoires en regard des nouveaux programmes des cycles 2 et 3. Chaque jeu a été conçu pour proposer une structure identique au cycle 2 et cycle 3 afin de favoriser la continuité des apprentissages.

II - LE JEU VOYAGE DANS LE PLAN



Photo n°1 : Jeu Voyage dans le plan. Exemple d'une partie Aller-simple avec les éléments et les obstacles

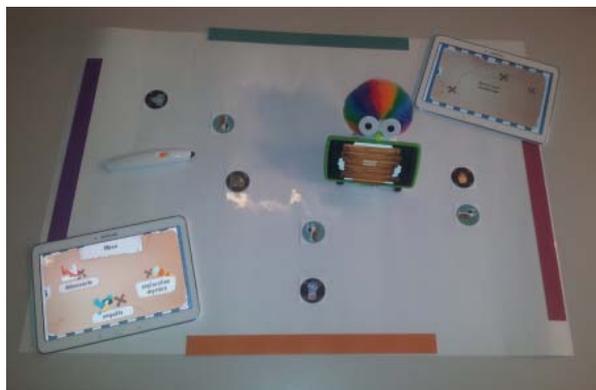


Photo n°2 : Jeu Voyage dans le plan. Exemple d'une partie Exploration mystère avec les éléments et les obstacles

Voyage dans le plan est un jeu collaboratif pour travailler l'orientation, le repérage spatial et le codage de déplacements d'un robot dans un espace à deux dimensions représenté par un plateau. Il peut être joué à 2, 3 ou 4 joueurs. Les rôles des joueurs ne sont pas choisis par le dispositif et la répartition des actions entre les joueurs n'est pas imposée par le jeu.

Le jeu se décline en trois missions, et chaque mission en deux niveaux de difficultés afin de répondre aux besoins de tous les élèves de cycles 2 et 3. Quelle que soit la mission choisie, le but du jeu reste le même. A la suite d'une tempête, les quatre éléments naturels, l'eau, l'air, le feu et la terre, ont été dispersés à la surface du plateau. Il s'agit de piloter le robot pour aller récupérer les quatre éléments.

Nous nous intéresserons à la mission *Exploration mystère* (plutôt fin de cycle 3) qui utilise un plateau blanc. La première étape du jeu consiste à disposer les jetons des quatre éléments et des obstacles sur le plateau d'après les indications données par le dispositif sur la carte de l'une des tablettes. La seconde étape (phase d'entraînement) permet de s'entraîner à piloter le robot à l'aide d'un codage d'une suite d'instructions sur les tablettes pour comprendre la manière dont il se déplace. La troisième étape consiste à récupérer fictivement en deux tentatives les quatre éléments en un seul trajet et en évitant les obstacles. Pour cela, le robot devra passer au-dessus des jetons éléments. Durant la phase d'entraînement, les joueurs considéreront le passage du robot au-dessus du jeton comme une réussite, sans retirer les jetons du plateau sous peine de perdre son emplacement précis, ce qui serait de nature à compromettre la poursuite du jeu. Par contre, durant la troisième étape, lorsque le robot passera au-dessus des jetons, si le codage comprend l'instruction « ramasser un élément », le robot poursuit son trajet. Si l'instruction est erronée, le robot signale l'erreur. L'instruction « ramasser un élément » se fait à l'aide d'une instruction précise (pince) et doit être correctement placée dans la série des instructions de déplacements du robot.

Le déplacement du robot est programmé à l'aide de commandes de pilotage (photo n°3). Les joueurs auront choisi en début de partie un mode de pilotage : soit le mode absolu, soit le mode relatif.



Photo n°3 : à gauche, la commande de pilotage en mode absolu
et à droite la commande de pilotage en mode relatif

Avec la commande **Pilotage absolu**, les directions sont fixées tels les points cardinaux. Les instructions de pilotage sont constituées de quatre flèches. Chaque flèche fait avancer le robot d'un pas en direction d'un des bords du plateau.

Avec la commande **Pilotage relatif**, les directions sont données par rapport au robot. Les instructions de pilotage sont constituées de trois flèches. La flèche rectiligne fait avancer le robot d'un pas devant lui. Les flèches courbes, à droite et à gauche, font pivoter le robot sur lui-même sans le faire avancer. Elles permettent d'orienter le robot dans la direction souhaitée.

L'utilisation des commandes de l'un ou l'autre des modes de pilotage par les joueurs génère une suite d'instructions qui s'affiche sur une tablette. Ces instructions seront réalisées par le robot sur le plateau dès validation par les joueurs.



Photo n°4 : Les différents jetons sur le plateau

Sur la photo n°4, le robot arrive dans une nouvelle case en évitant un jeton obstacle. Il vient de passer au-dessus du jeton élément « air ». Le robot s'avance sur le jeton élément « terre ». Le déplacement du robot valide ainsi la série d'instructions des joueurs.

Le déroulement du jeu pour la mission Exploration mystère

La **première étape** du jeu consiste à disposer les jetons « éléments » et « obstacles » sur le plateau en suivant les instructions données par les deux tablettes. Pour chaque élément ou obstacle, il faut :

- avec la tablette « loupe », scanner le jeton et valider. Pour viser, placer le jeton sous la tablette, le faire apparaître dans le viseur puis superposer le cercle du viseur avec le bord du jeton ; après validation, l'endroit où doit être posé le jeton est indiqué sur l'autre tablette qui reproduit l'état actuel du plateau de jeu.
- Avec le stylet, pointer la bonne position sur le plateau et appuyer sur le bouton du stylet. Ici surgit la première problématique du jeu : l'orientation. Le plateau est orienté, mais les élèves ne savent pas dans quelle direction. De plus, le dispositif ne prend pas en compte la position des tablettes autour du plateau de jeu, ce qui peut générer un problème à résoudre pour les élèves.
- Déposer le jeton sur la position choisie.

Les tablettes indiquent si l'élément ou l'obstacle a été bien placé.

La **seconde étape** permet aux joueurs de s'entraîner à piloter le robot pour récupérer les éléments. Cette étape n'est pas limitée, ni par le temps ni par le nombre d'essais. Il faut :

- utiliser les commandes de pilotage pour coder le déplacement du robot jusqu'à la position voulue ;

- valider pour démarrer le robot ;
- une tablette affiche les codages sélectionnés, l'autre visualise sur sa carte le trajet suivi par le robot.

Après chaque essai, le robot revient sur sa position de départ.

Quand les joueurs sont prêts, ils passent à la dernière étape. La sortie de l'étape d'entraînement est définitive. Cette étape est la plus délicate pour les élèves, car elle leur donne à résoudre plusieurs problèmes. Ils doivent, à travers leurs entraînements, trouver quel est le « pas » du robot (de quelle distance il se déplace avec une instruction de codage). La problématique d'orientation est toujours présente et elle est différente selon le mode de pilotage choisi (absolu ou relatif). De plus, pour pouvoir réussir leur codage (qui peut demander jusqu'à plus de 30 instructions), ils doivent comprendre la nécessité de garder une trace de leurs essais de codage et engager une nécessaire collaboration de ce point de vue. C'est cette nécessité de trace et sa variété qui sont au cœur de notre atelier et qui sont présentées dans ces actes.

La troisième étape du jeu consiste à récupérer avec le robot les quatre éléments en un seul trajet dans un ordre choisi par les joueurs et en évitant les obstacles. Les joueurs n'auront que deux tentatives.

Chaque tablette donne une information différente et complémentaire de l'autre tablette. Selon les phases du jeu, l'une présente la consigne et l'autre la carte avec la position repérée par le stylet (l'élément si le repérage est juste ou une croix rouge si le repérage est faux). Ou dans une phase suivante, l'une indique les instructions de codage des déplacements du robot, en pilotage absolu ou relatif et l'autre la carte avec la trajectoire suivie par le robot. Et le contenu des tablettes change de tablette à chaque essai. Cette dissémination des informations sur les différents supports rend nécessaire la collaboration entre les élèves pour résoudre le problème posé.

III - LES TRACES PRODUITES PAR LES ELEVES

1 La collaboration au service des traces

La collaboration est un élément nécessaire à la réussite dans ce jeu. Les informations nécessaires à la résolution du problème sont réparties sur les différents objets tangibles et connectés : chacun des joueurs peut n'avoir accès qu'à une partie des informations s'il regarde les seuls supports qui se trouvent à proximité de lui. Ces informations sont réparties sur différents supports :

- le plateau de jeu orienté par le dispositif autour duquel les joueurs peuvent se déplacer ;
- les jetons-éléments posés sur le plateau ;
- le robot posé sur le plateau, orienté dans le sens de son déplacement ;
- les tablettes proposant alternativement des consignes, le pad d'instructions de codage des déplacements du robot et la reproduction du plateau de jeu sous forme de carte avec les positions des jetons-éléments à récupérer ;
- les rétroactions du dispositif après une action des joueurs concernant soit la question de la position soit celle des trajectoires :
 - pour la position des jetons-éléments : la carte de la tablette indique si la position est bien repérée (le jeton-élément cesse de clignoter et se fige) ou en cas d'erreur, la position cliquée sur le plateau (une croix rouge avec une temporisation d'effacement pour contraindre les joueurs à prendre l'information avant de l'effacer) ;
 - pour le déplacement du robot : sur la carte de la tablette, les traces des déplacements du robot représentés par des pointillés apparaissant au rythme du déplacement du robot sur le plateau.

A chaque essai, le contenu alterne d'une tablette à l'autre. Cette spécificité contraint les joueurs à devoir orienter à chaque fois les tablettes et se positionner eux-mêmes par rapport au plateau et tablettes. Ainsi, la production de traces sur un support toujours orienté comme le plateau est de nature à faciliter la réussite de la partie.

Les joueurs, mobiles autour du plateau de jeu, changeant les tablettes de position à la fois par rapport à eux-mêmes et au plateau de jeu, doivent prélever l'ensemble de ces indices nécessaires à la résolution du problème, indices disséminés sur les différents supports, et les interpréter après réorientation.

Les joueurs doivent donc communiquer, échanger, se montrer les supports d'informations pour apporter aux autres joueurs les informations dont ils ont, eux seulement, pris connaissance. D'autre part, ces informations sont généralement orientées par rapport au support qui les contient et au joueur qui les porte. Or, les joueurs se déplacent, emportant avec eux ce support, modifiant sans cesse l'orientation de l'information.

De plus, les joueurs ne pensent pas toujours à regarder l'ensemble des supports pour prélever toutes les informations qui leur seraient utiles. Au cours des premières parties, c'est souvent le hasard des déplacements qui leur font voir l'affichage apparu sur une tablette. Par la suite, ils intègrent que les informations sont réparties sur tous les matériels et adoptent le plus souvent une organisation qui permet à chaque joueur de faire part de l'information qu'il détient ou va détenir.

2 Quelques exemples de traces d'élèves



CM2 - Exploration mystère - Facile - Pilotage absolu

Photos n°5, 6 et 7 : Traces des trajectoires sur le plateau et des instructions sur le bord du plateau

Dans les différentes situations représentées sur les photos n°5 à 10, les élèves ont noté la trajectoire que suit le robot sur le plateau (grandes flèches) et également indiqué la suite d'instructions qu'ils veulent coder avec des petites flèches sur l'un de ses bords.

Cette trace peut être la reproduction des instructions figurant sur la tablette ou bien la trace de leur recherche avant de les saisir sur le pad de commande de la tablette, quel que soit le mode de pilotage, en mode absolu ou relatif. Seule la nature de la trace elle-même va différer pour prendre généralement une forme identique à celle des commandes des tablettes.



Stratégies des élèves du CM2 - Exploration mystère - Facile - Pilotage relatif

Photos n°8, 9 et 10 : Forme des traces identiques à celles des commandes de la tablette

3 point de vue des traces

Ce jeu souhaite amener les élèves à prendre conscience que les traces sont nécessaires à la résolution de la situation problème proposée. En fait, si l'on cherche à caractériser les situations problèmes, il y en aurait trois :

- orienter les objets les uns par rapport aux autres et par rapport aux joueurs ;
- construire un repérage du plan (dans la version plateau uni) c'est-à-dire un pavage du plan en fonction des pas du robot. Ce deuxième problème n'est pas véritablement posé par le jeu ;
- déterminer une suite d'instructions qui permettent de piloter le robot et de lui donner une trajectoire voulue. En revanche, c'est pour la résolution de cette situation problème que des essais sont réalisés et qu'il est nécessaire de mémoriser et partager (grâce à la collaboration, à cause de la complexité, à cause de la contrainte de deux essais finaux).

3.1 Première situation de jeu

Les élèves ont tracé la trajectoire du robot au feutre sur le plateau (photo n°11) après avoir déterminé le sens du déplacement et le nombre de pas du robot. Ils ont posé les cartes à côté et dans le sens de la trajectoire tracée. Le nombre de cartes correspondant au nombre de pas du robot a été déterminé empiriquement et perceptivement de façon proportionnelle à l’emprise du robot sur le plateau.



Photo n°11 : Traces de la trajectoire sur le plateau. Joueurs et dispositif tous orientés de la même façon

Il n’y a pas de recours à un repère orienté (absence de points cardinaux ou de couleurs) et les flèches posées sur le plateau correspondent aux instructions de la tablette. Les flèches posées sur le plateau indiquent une direction correspondant à la trajectoire que suivra le robot. Mais les élèves dialoguent face à face et les directions données par la tablette n’ont pas la même signification selon que le joueur se trouve face au plateau et dans le même sens que le déplacement du robot ou en face avec une situation orientée à l’inverse. On observe d’ailleurs que le joueur qui tient la tablette s’est tourné dos au plateau pour que lui-même, sa tablette, l’autre joueur qui écrit (à droite) et tous les éléments du dispositif aient la même orientation.

Une première trace papier est produite pour garder la mémoire du codage après de nombreux essais répétant les mêmes erreurs (photo n°12). C’est une trace reproduisant les trajectoires du robot sur le plateau.

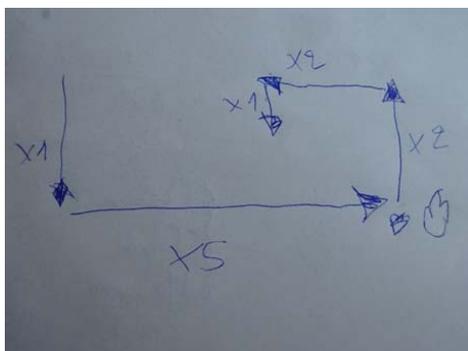


Photo n° 12 : Traces reproduisant la trajectoire du robot

Puis une deuxième trace est produite par les élèves à partir de la première. Elle ressemble au codage en ligne de la liste d’instructions figurant sur l’une des tablettes.

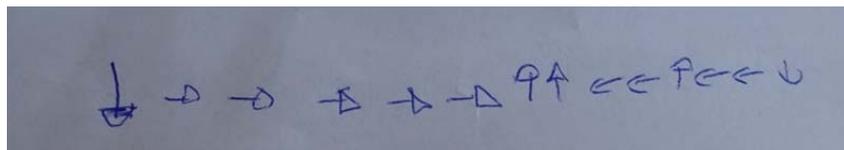


Photo n° 13 : Traces reproduisant la suite d’instructions à coder

3.2 Deuxième situation de jeu



Photo n°14 : Traces de la trajectoire avec des cartes fléchées ne prenant pas en compte le nombre de pas du robot

Dans cette situation (photo n°14), la longueur d'un pas du robot n'a pas été déterminée par les joueurs. C'est la taille des cartes qui, posées sur la trajectoire tracée au feutre, détermine le nombre d'instructions nécessaires au déplacement. Une carte correspond-elle à un pas ? La flèche tourne à gauche/à droite pose question aux élèves qui ne savent pas où la mettre car celle-ci ne correspond pas à un déplacement du robot mais juste à une rotation.

Les essais successifs vont peu à peu amener les élèves à prendre conscience de la nécessité de définir le pas, ce qui se fera par tâtonnements et essais-erreurs.

IV - TYPOLOGIE ET ROLES DES TRACES DANS LE JEU VOYAGE DANS LE PLAN

Pour analyser les diverses traces produites par le jeu, nous nous appuyons sur la mission *Exploration mystère* avec un plateau blanc jouée par des élèves de fin de cycle 3 (CM2 - 6ème) et sur la mission *Aller simple* avec un plateau quadrillé jouée par des élèves de CE1.

1 Nature des traces produites

Au cours des expérimentations conduites au printemps dernier, il a été possible de commencer une typologie des traces selon ce qu'elles représentent, qui les produit et de quelle façon. Ce recueil reste à l'état de chantier et demande encore d'être enrichi de données et d'analyses. Durant les expérimentations, les traces observées sont produites :

- par les élèves sans aucune indication du dispositif autre que celle des jetons et du robot posés sur le plateau ;
- par le dispositif suite aux actions des élèves ;
- par les élèves en fonction des indications données par le dispositif ;
- par les élèves à l'aide du matériel fourni par le dispositif.

Les traces représentent des positions, des trajectoires, des orientations et des instructions de codage.

2 Quelles traces selon le support ?



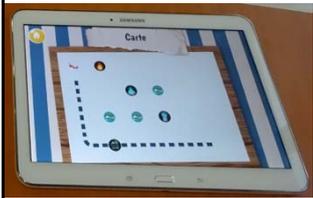
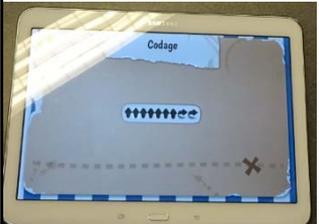
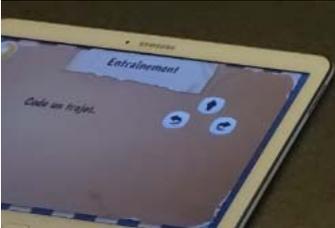
Photo n°15 : Traces produites par les élèves



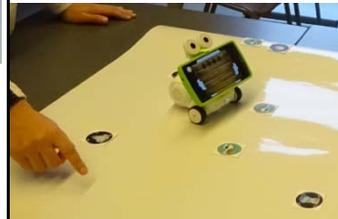
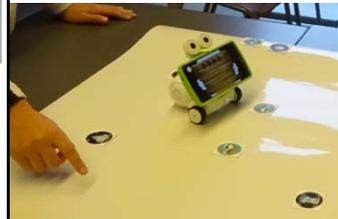
Photo n°16 : Traces produites par le dispositif

Les supports peuvent être tangibles (plateau de jeu, cartes, jetons, bandes de couleur, cartes-flèches, feuille de papier, ...), numériques (téléphone, tablettes) et à la croisée des deux (robot). Les traces sur les tablettes

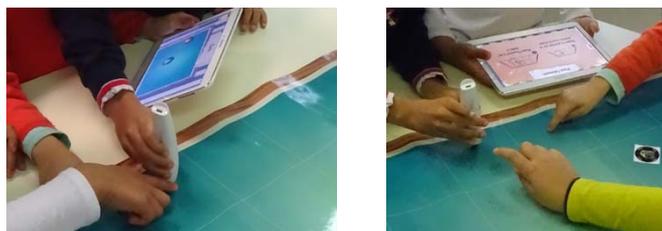
2.1 Les traces sur les tablettes

Traces = Trajectoires	Traces = Instructions	Traces = Orientation	Traces = Position
<p>- Traces non permanentes produites par le dispositif suite au codage des instructions de déplacement du robot par les élèves sur la tablette.</p>  <p>Les pointillés sur la tablette représentant les déplacements du robot sur le plateau.</p>	<p>- Instructions produites par les élèves à partir du pad de flèches de codage du déplacement du robot.</p>   <p>Ces instructions s'effacent lorsque les joueurs passent à l'étape suivante.</p>	<p>- Traces du mode de pilotage absolu affichées par le dispositif</p>  <p>- Traces du mode de pilotage relatif affichées par le dispositif.</p> 	<p>- Erreur de positionnement du jeton : le dispositif affiche une croix rouge sur la tablette</p>  <p>- Positionnement correct du jeton : le dispositif fige l'image du jeton qui cesse de clignoter</p> 

2.2 Les traces sur le plateau (sur l'espace de déplacement du robot)

Traces = Trajectoires	Traces = Instructions	Traces = Orientation	Traces = Position
 <p>- Le déplacement du robot, validant ou pas les instructions de codage, constitue un ensemble de traces non permanentes produites par le dispositif suite au codage des instructions de déplacement du robot par les élèves sur la tablette.</p>	 <p>Le nombre de pas du robot a été déterminé par tâtonnements. Son codage se fait à l'aide des initiales des bandes de couleur en référence aux bandes d'orientation (Orange, Bleu, Violet, Rouge) à la place des flèches.</p>	<p>- Les bandes de couleur ne sont pas utilisées par les élèves. Ils ont créé leur propre système de référence, ils ont inscrit les 4 points cardinaux (nord, sud, est, ouest) sur le plateau</p> 	<p>- Trace des élèves non marquée et fugitive : le clic avec le stylet</p>  <p>- Pose du doigt et/ou placement du jeton sur la position cliquée sur le plateau en référence à la carte de la tablette</p> 
	<p>Les traces des élèves représentent à la fois le nombre de pas et l'indication de la direction de la trajectoire.</p>	<p>- La position du robot et son déplacement dans une direction donnée constituent un ensemble de traces non permanentes.</p>	
<p>Traces continues non orientées produites par les élèves</p>			
 <p>Traces discontinues orientées produites par les élèves Une flèche = un pas ?</p>			<p>- La position du robot et son déplacement dans une direction donnée constituent un ensemble de traces non permanentes.</p>

Dans la mission du jeu *Aller simple* utilisant le plateau quadrillé (photos n°17 et 18), les élèves pointent la case dans laquelle se trouve le jeton. La trace fugitive produite par les élèves demande moins de précisions par rapport à la même situation dans la mission du jeu *Exploration mystère* (photos n°19 et 20).



Photos n°17 et 18 : Le quadrillage aide au repérage des positions par les élèves



Photos n°19 et 20 : L'absence de repères est à gérer par les élèves

Perception d'alignements et alignement du dispositif : quelles différences pour les joueurs ?

Les photos ci-après représentent la situation de quadrillage implémenté par le dispositif numérique : quelque soit la position sélectionnée dans une case du quadrillage, elle sera considérée comme correcte par le dispositif. Imaginons jouer avec un plateau blanc sans aucun repère visuels autres que les indications de la carte de la tablette et les jetons posés au fur et à mesure sur le plateau.

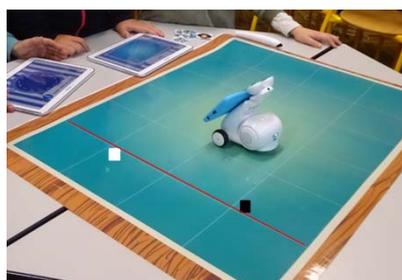


Photo n°21 : Cas 1



Photo n°22 : Cas 2



Photo n°23 : Cas 3

Prenons le cas 1 (photo n°21). Après avoir posé les jetons blanc et noir, les joueurs ont visuellement l'assurance qu'ils sont alignés et vont coder le déplacement du robot en conséquence. Or, pour le dispositif, ces deux jetons ne sont pas alignés comme ils le seraient pour le cas 2 (photo n°22). La différence est difficilement perceptible visuellement pour les joueurs mais le dispositif intègre très distinctement cette différence d'alignement.

Dans le cas 3 (photo n°23), les jetons ne sont visuellement pas alignés à l'inverse de ce que considère le dispositif. Les conséquences pour le codage du déplacement du robot par les joueurs peuvent être importantes et provoquer, au moins au début, des incompréhensions entre les codages considérés comme corrects par les joueurs et les déplacements du robot suivant la logique du dispositif.

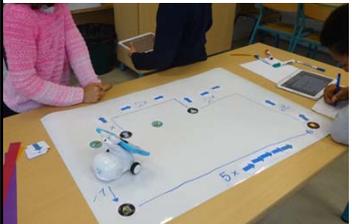
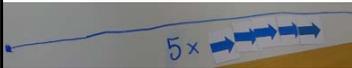
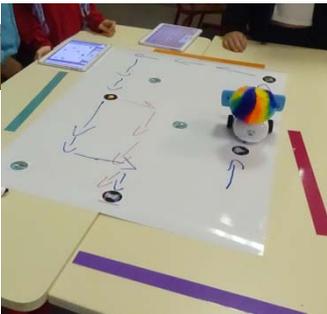
2.3 Les traces sur le bord du plateau (hors de l'espace de déplacement du robot)

Les traces observées produites sur le bord du plateau sont celles des élèves qu'ils font seuls ou bien selon les indications fournies par le dispositif comme les bandes de couleur pour orienter le plateau.

Traces = Trajectoires	Traces = Instructions	Traces = Orientation	Traces = Position
	Traces des élèves : les Instructions sont obtenues par tâtonnement après plusieurs essais de déplacement du robot 		- Les points cardinaux sur le plateau - Placement des bandes de couleur (pilotage absolu) après essais-erreurs - Les points cardinaux sur le plateau sont désignés en fonction du pad

			d'instructions sur la tablette
--	--	--	--------------------------------

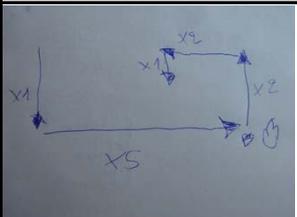
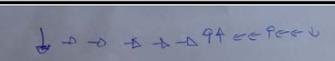
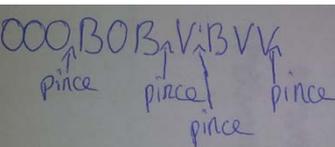
2.4 Les traces avec les cartes, les bandes de couleur ou les jetons

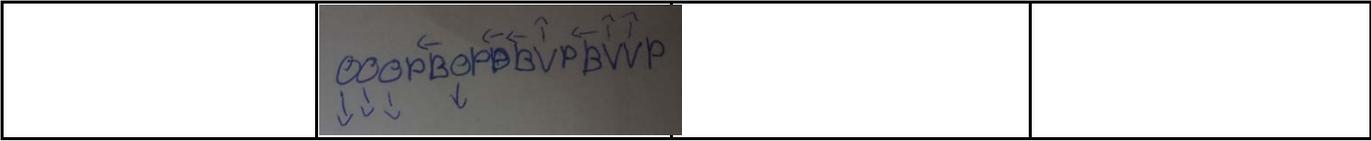
Traces = Trajectoires	Traces = Instructions	Traces = Orientation	Traces = Position
<p>- Traces des élèves :</p>  <p>Les cartes représentent la trajectoire du robot, leur nombre ne dépend pas du nombre de pas du robot. Leur nombre a une fonction de remplissage de l'espace à parcourir par le robot entre deux points donnés.</p>	<p>- Traces des élèves :</p>   <p>Les cartes représentent le nombre de pas du robot déterminé par une succession d'essais-erreurs. Mais l'écriture "5x→→→→→" fait redondance, les joueurs n'ayant pas choisi entre la représentation des 5 pas avec 5 flèches et leur nombre seulement avec une seule flèche pour la direction (« 5 → » ou « 5x→ »).</p>	<p>- Les bandes de couleur fournies par le dispositif sont placées autour du plateau après un ou plusieurs tests de déplacement du robot dans une ou plusieurs directions</p> 	<p>- Traces produites par les élèves selon les indications fournies par le dispositif. Les jetons sont posés sur le plateau à l'endroit cliqué avec le stylet et validé par le dispositif.</p>  <p>La précision pour désigner la position du jeton par le clic puis ensuite de déposer le jeton sur sa position diffère selon que le plateau est blanc, sans aucun repère, ou bien qu'il s'agisse du plateau quadrillé de la mission <i>Aller simple</i>.</p>  <p>Avec le plateau blanc, les élèves ignorent s'il existe d'autres points correspondant à cette position. S'ils n'y prennent garde, ils peuvent déposer le jeton à côté de cette position et fausser ainsi le codage du déplacement à venir.</p>

			 <p>Avec le plateau quadrillé, il est suffisant pour le dispositif que les élèves désignent n'importe quel point de la case et la position sera considérée comme correcte.</p>
--	--	--	---

2.5 Les traces sur une feuille

Toutes les traces observées produites sur une feuille sont uniquement celles des élèves. On pourrait imaginer des traces mixtes, venant à la fois des élèves et d'autres du dispositif comme les bandes ou les cartes. Le support « feuille » diffère de celui du « bord du plateau » car la trace sur la feuille reste permanente et peut être conservée, réutilisée et affichée lors des mises en commun avec toute la classe par exemple.

Traces = Trajectoires	Traces = Instructions	Traces = Orientation	Traces = Position
 <p>- Les traces des élèves reproduisent en réduction celles écrites sur le plateau. C'est aussi une représentation des déplacements du robot sur le plateau.</p>	 <p>- Traces des élèves pour la mémorisation des instructions après un essai (celles de la tablette s'effacent)</p> <p>-----</p> <p>- Anticipation des instructions de codage du déplacement ou reproduction de celles figurant sur la tablette</p> <p>-----</p> <p>-Instructions codées à l'aide des initiales des couleurs des bandes d'orientation à la place des flèches</p>  <p>-----</p> <p>- Codage mixte initiales-flèches directionnelles : redondance ou explication ou pour se rassurer ?</p>		



V - GROUPES DE TRAVAIL : QUELLES TRACES POURRAIENT PRODUIRE LES ELEVES ?

L’atelier proposait aux participants de relever les traces favorisant la collaboration et la résolution du problème, le moment du jeu durant lequel elles intervenaient et leur rôle. Ils devaient analyser la situation pédagogique et ses évolutions possibles (éléments tangibles, consignes, etc.) pour favoriser la production de traces par les élèves et s’interroger sur comment encadrer la production de traces pour les instructions de codage, pour l’orientation, pour la recherche de trajectoires et de pas du robot, pour les améliorer et les rendre plus utiles pour les apprentissages.

De même, pour encourager à la collaboration et aider à la résolution du problème, comment et à quelles conditions les traces pourraient-elles favoriser la collaboration ? Qu’attendons-nous des traces produites par les élèves ? Quel impact les traces peuvent-elles avoir sur les apprentissages ? Quel dispositif pourrait inciter les élèves à recourir par eux-mêmes aux traces ? A d’autres étapes du jeu, quelles traces pourraient être utiles ?

Les échanges ont permis de caractériser le contexte des traces. Les traces sont nécessaires pour communiquer. Quelles situations de communication peuvent contraindre les joueurs à produire des traces ?

1 Des traces différenciées pour des tâches différenciées

1.1 Des cartes de dimensions égales à celles du pas du robot



Des cartes du type  sont proposées avec le jeu. Leurs dimensions (5cmx5cm) sont très inférieures à celles du robot et à la longueur de son pas. Cette trace matérielle proposée par le dispositif pourrait être différente selon les joueurs auxquels elle s’adresse. Par exemple, pour des joueurs éprouvant des difficultés pour trouver le nombre de pas nécessaires pour un déplacement donné, l’enseignant pourrait donner des cartes aux dimensions correspondant à celles du robot sur le plateau (photo n°24).

La juxtaposition des cartes sur le plateau constituerait une aide au codage du déplacement du robot, tant pour le nombre de pas que pour la direction de la trajectoire.

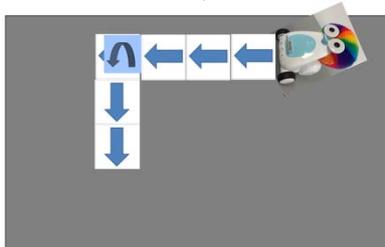


Photo n°24 – Cartes de la taille du pas du robot

1.2 Des cartes-bandes de longueur d’un pas du robot

On pourrait conserver les cartes existantes (5cmx5cm) et rajouter des cartes-bandes  de longueur égale à celle du pas du robot. Elles permettraient de représenter la seule trajectoire, et la direction serait donnée par une carte flèche posée à côté de la trajectoire (photos n°25 et 26).

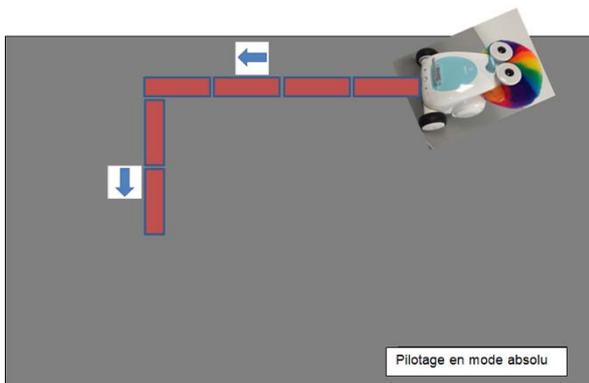


Photo n°25 - Utilisation des cartes bandes correspondant au pas en pilotage absolu

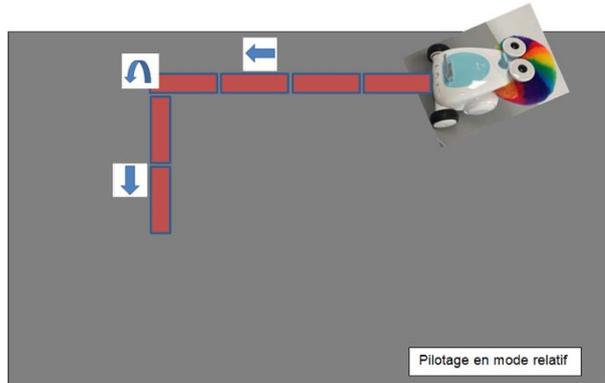


Photo n°26 - Utilisation des cartes bandes correspondant au pas en pilotage relatif

2 Des situations de codage-décodage

Dans ces situations, les participants ont proposé que les groupes de joueurs communiquent entre eux leurs traces de trajectoires ou d'instructions.

2.1 Situation°1

Un groupe code un déplacement du robot, le teste puis produit un message destiné à un autre groupe qui doit à son tour tester le codage ; la validation peut se faire sur la trace du déplacement du robot sur le plateau du groupe auteur ou bien par le déplacement du robot lui-même.

2.2 Situation°2

On demande à un groupe d'écrire le codage du déplacement du robot dans un labyrinthe tracé sur le plateau.

2.3 Situation°3

Un groupe code un déplacement puis filme le déplacement du robot par le téléphone posé sur lui. À partir de la vidéo, demander à un autre groupe le codage du déplacement du robot selon son point de vue.

2.4 Situation°4

Un groupe choisit un mode de pilotage, code un déplacement du robot et le filme par-dessus. L'autre groupe visionne la vidéo, place un élève à chaque angle du plateau pour coder ce même déplacement avec des points de vue différents. Pour réussir, ils doivent comparer et compléter les codages produits selon leur point de vue.

VI - CONCLUSION

Comme on a pu le voir, la résolution de la situation problème proposée par le jeu passe nécessairement par la production de traces de la part des élèves. Elles peuvent être très variées et nécessitent une nécessaire collaboration entre eux. Il est à noter cependant que les élèves ne ressentent pas forcément spontanément cette nécessité, bien qu'elle soit suggérée par le dispositif ou encore par le matériel mis à disposition (feutres effaçables, plateau blanc, chiffon, feuilles, ...). Une explication peut être, par exemple, que les élèves n'ont pas d'habitude d'avoir « le droit » d'écrire sur un plateau de jeu. Il est donc, à un moment, nécessaire d'explicitier le fait qu'il faut garder trace des essais de codage. Comme il est dit dans le guide pédagogique du jeu, les traces, leur rôle et les formes qu'elles peuvent prendre doivent être travaillés lors de mises en commun programmées dans une séquence d'apprentissage.

Nous avons également remarqué, lors des expérimentations que nous avons effectuées, que, dans un groupe de joueurs, celui qui « prend le stylo », qui a l'idée de produire des traces, devient naturellement le leader du groupe et entraîne derrière lui les autres joueurs. Cela a une répercussion déterminante pour la résolution du problème.

VII - BIBLIOGRAPHIE

MANDIN, S., DE SIMONE, M. et SOURY-LAVERGNE, S. (2016). Robot Moves as Tangible Feedback in a Mathematical Game at Primary School. Dans M. Merdan, W. Lopuschitz, G. Koppensteiner et R. Balogh (dir.). *Advances in Intelligent Systems and Computing: Vol. 457. Robotics in Education: Research and Practices for Robotics in STEM Education* (p. 245-257). From: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-42975-5_22/fulltext.html

SOURY-LAVERGNE, S. (2016, juillet). *Duos of Artefacts, Connecting Technology and Manipulatives to Enhance Mathematical Learning*. Communication présentée à 13th International Congress on Mathematical Education, Hamburg. Repéré à <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01492990/document>

RABATEL, J.-P. et SOURY-LAVERGNE, S. (2018). Faire des mathématiques avec des cartes et un robot, le projet OCINAE. In *Enseignement des mathématiques et formation des maîtres aujourd'hui : Quelles orientations ? Quels enjeux ? Actes du 43^e Colloque de la COPIRELEM* (p. 304-317). ARPEME.