

**Reconnaissance et synthèse de motifs redondants avec
des élèves de 6-7 ans MOTIFS.MOTIFS.MOTIFS. 3 x
MOTIFS. 3 x MOTIFS.**

Marielle Léonard, Yvan Peter, Yann Secq

► **To cite this version:**

Marielle Léonard, Yvan Peter, Yann Secq. Reconnaissance et synthèse de motifs redondants avec des élèves de 6-7 ans MOTIFS.MOTIFS.MOTIFS. 3 x MOTIFS. 3 x MOTIFS.. Colloque DIDAPRO 8 -DIDASTIC - L'informatique, objets d'enseignements enjeux épistémologiques, didactiques et de formation, Feb 2020, Lille, France. hal-02971775

HAL Id: hal-02971775

<https://hal.univ-lille.fr/hal-02971775>

Submitted on 19 Oct 2020

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

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

Reconnaissance et synthèse de motifs redondants avec des élèves de 6-7 ans

MOTIFS.MOTIFS.MOTIFS. \Leftrightarrow 3 x MOTIFS.

Marielle LÉONARD^{1,2}, Yvan PETER¹ & Yann SECQ¹

¹ Univ. Lille, CNRS, Centrale Lille, UMR 9189 - CRIStAL - Centre de Recherche en Informatique Signal et Automatique de Lille, F-59000 Lille, France (prenom.nom@univ-lille.fr)

² Association France-IOI

Résumé. Cet article présente une expérimentation d'initiation à la pensée informatique pour de jeunes élèves de classe préparatoire (6-7 ans). L'objectif de la séquence pédagogique proposée est de développer la capacité de reconnaissance de motifs redondants et leur expression sous la forme de répétitions. Pour cela, des activités débranchées et en ligne sont proposées aux élèves, puis leurs traces d'activités sur la plateforme sont ensuite analysées. Cette étude illustre le fait que la détection de motifs et son expression sous forme de répétition est accessible pour cet âge dans un contexte où le code utilisé et les éléments du motif sont similaires visuellement. Lorsque le contexte implique en plus des compétences d'orientation spatiale, la détection de motif devient difficile pour la plupart des élèves de cet âge.

Mots-Clés: Pensée informatique, reconnaissance de motifs redondants, notion de répétition, programmation.

1 Introduction

La pensée informatique (PI) regroupe des compétences d'abstraction, de conception et de résolution de problèmes en lien avec les fondamentaux de la discipline informatique. En 2006, Wing [14] recommandait d'introduire l'enseignement de la PI aussi tôt dans les curricula que celui de la lecture, de l'écriture et de l'arithmétique. En France, le retour dans les programmes scolaires d'un enseignement de l'informatique dans l'ensemble des cycles date de 2016. À l'école primaire, au collège, et de manière plus conséquente au lycée avec la réforme du baccalauréat, des éléments de pensée et compétences informatiques sont successivement mobilisés afin d'initier l'ensemble d'une classe d'âge aux bases de l'informatique. Les problématiques sont nombreuses, tant en terme de démarches pédagogiques et activités proposées aux élèves que de formation continue des enseignants concernées par ces enseignements.

Les travaux présentés dans cet article portent sur les premières bases conceptuelles et les compétences en PI, qu'il nous semble crucial de développer dès le plus jeune âge, au début de la phase d'apprentissage de la lecture et l'écriture. Plus précisément, la présente expérimentation est focalisée sur la capacité de reconnaissance de motifs redondants et leur expression synthétique sous la forme d'une répétition. La question de recherche que nous nous posons est de savoir si cette compétence est accessible pour des élèves âgés de 6 à 7 ans, au moment de leur entrée dans l'apprentissage de l'écriture et la lecture.

Nous présenterons dans un premier temps les liens entre notre préoccupation et les programmes scolaires, puis dans un second temps un état de l'art de travaux proches de notre problématique. Ensuite, la séquence pédagogique sera détaillée avant d'étudier les résultats de l'analyse des traces d'activités des élèves sur la plateforme en ligne. Finalement, nous formulerons les interrogations subsistant et les perspectives envisagées à l'issue de cette première étude.

2 État de l'art et liens avec les programmes scolaires

Dans les programmes scolaires actuels, on trouve une référence en lien avec l'identification de motifs dans le programme scolaire de maternelle¹ à travers l'identification du principe d'un algorithme et la poursuite de son application. Il est à noter que le mot « algorithme » est souvent employé en maternelle comme synonyme de « répétition d'un motif ». La répétition d'instructions n'apparaît ensuite explicitement qu'à partir de la classe de 6^{ème} : « *La construction de figures géométriques de simples à plus complexes, permet d'amener les élèves vers la répétition d'instructions.* »² .

La capacité à identifier et exprimer des structures itératives est un attendu du premier niveau en fin de 5^{ème} : « *L'utilisation progressive des instructions conditionnelles et/ou de la boucle « répéter ... fois » condition « si ... alors » et boucle permet d'écrire des scripts de déplacement, de construction géométrique ou de programme de calcul.* » .

La capacité à détecter des motifs, n'est cependant plus mentionnée. Or, cette capacité à identifier des objets et des itérations est une composante de la pensée informatique, elle-même compétence clé du XXI^{ème} siècle [11]. De nombreux articles apportent une contribution à la définition de la PI et à ses composantes principales. Parmi les travaux récents, on peut citer Romero et al. [11] et Shute et al. [13]. Dans ces travaux, on retrouve une référence à la capacité d'abstraction incluant la capacité de reconnaissance de motifs et le traitement algorithmique correspondant (itération).

Plusieurs auteurs ciblent le premier degré dans leurs études. Baratè et al [2] abordent les notions d'algorithmique et de représentation de l'information en primaire à travers des activités visant à représenter des musiques par l'intermédiaire de briques LEGO. Brackmann et al. [4] ont trouvé un effet significatif des activités débranchées

1 BO spécial n°2 du 26 mars 2015

2 BO du 29 mai 2019

sur les compétences liées à la PI. Ils concluent que ce type d'activité constitue une bonne introduction à la PI mais que des activités "en ligne" sont nécessaires pour aller plus loin. Aggarwal et al. [1] ont comparé l'effet des modalités tangible et numérique sur l'acquisition des compétences. Ils concluent que si la modalité tangible facilite l'appropriation de la syntaxe, la modalité numérique permet de mieux développer la capacité à visualiser et prévoir l'effet de la séquence d'instruction. Ils suggèrent donc une utilisation limitée de la modalité tangible comme introduction avant de passer au numérique.

Peter et al. [10] ont mis en évidence la reconnaissance de motifs et son expression sous forme de répétition chez des élèves de 8 à 10 ans. Ils recourent à une séquence pédagogique alternant activités tangibles et activités sur support numérique dans un contexte de déplacement d'un robot sur une grille. Pour cette même tranche d'âge, Declercq et Tort [5] mobilisent un contexte de création de dessins numérique nommé *Pixel Art* dans lequel l'utilisateur doit déplacer un curseur orienté pour peindre des cases dans une grille.

Concernant l'introduction de la PI auprès d'un public plus jeune (5-7 ans), plusieurs travaux portent sur l'utilisation de robots pédagogiques : Bellegarde et al. [3], Komis et al. [7], Nogry [9]. Dans ces différentes études, seule la séquence d'instructions a été abordée, l'introduction de la répétition ne faisant pas partie du protocole. Komis et al. [7] pointent la difficulté de latéralisation pour 30% des sujets de l'étude, difficulté qui est un « frein persistant à la maîtrise des commandes de pivotement ». Bellegarde et al. [3] font une étude comparative de différentes modalités (corps-robot, robot tangible, robot virtuel).

Komis et al. [8] ont étudié les concepts de programmation pouvant être abordés avec le logiciel *ScratchJr*. Ils montrent que la sémantique de *ScratchJr* n'est « ni simple, ni toujours intuitive » pour cette tranche d'âge.

Dans les travaux précédents, on retient que l'introduction de la structure itérative a été étudiée pour des élèves de fin d'école élémentaire, dans un contexte où celle-ci doit être gérée de manière concomitante à la gestion des déplacements d'un personnage ou d'un curseur. Pour des élèves âgés de 6-7 ans, nous n'avons pas trouvé de travaux spécifiques sur cette compétence pourtant centrale dans la pensée informatique. Pour l'ensemble de la tranche d'âge de l'école élémentaire, une complémentarité des modalités est préconisée par les différents auteurs.

3 Cadre expérimental

La séquence pédagogique qui suit concerne l'introduction de la pensée informatique chez des élèves de cours préparatoire (6-7 ans). Elle vise à explorer si la détection de motifs redondants et son expression sous forme synthétique est accessible pour cette tranche d'âge. Elle constitue une première introduction aux bases de la pensée informatique.

Différentes modalités repérées dans l'état de l'art sont mobilisées : activités corporelles, sur supports tangibles et numériques.

3.1 Description de la séquence pédagogique

La séquence est composée de trois séances d'environ une heure trente (figure 1).

La première séance a pour objectif d'introduire les notions de motif et de répétition dans un contexte de reproduction de frises colorées (MOTIF ART). La deuxième séance reprend les notions de motif et de répétition dans un contexte de déplacements de robot sur une grille (ROBOT). Une troisième séance, de renforcement, revient sur le contexte MOTIF ART. Une activité créative est proposée dans ce contexte, qui permet d'appréhender si les élèves mobilisent les notions de motif et de répétition dans un cadre beaucoup moins contraint.

La notion de motif est d'abord introduite dans un contexte visuel (séance 1), dans lequel l'orientation dans l'espace n'intervient pas. Il s'agit de pouvoir dissocier les éventuelles difficultés de détection de motif de difficultés d'orientation dans l'espace (séance 2).

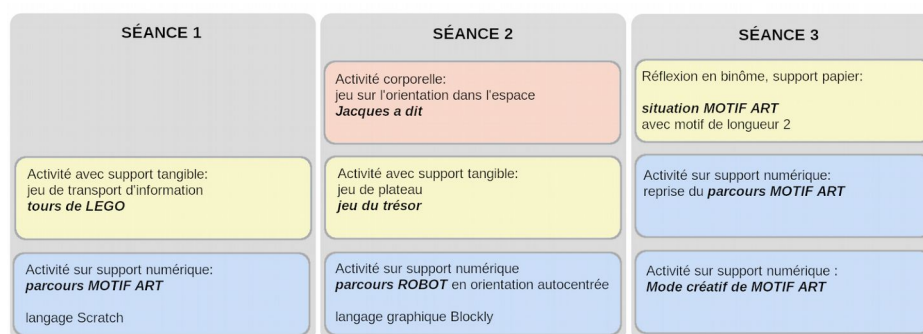


Figure 1. Organisation de la séquence pédagogique en trois séances mobilisant les modalités kinesthésique (rouge), tangible (jaune) et numérique (bleu)

Chaque séance est structurée en deux parties. Avec cette organisation pédagogique, chaque activité sur support numérique est précédée d'activités tangibles qui l'introduisent.

Une première partie en classe entière d'environ 30 minutes permet d'introduire les notions avec une ou deux activités sur support tangible. La deuxième partie de chaque séance, sur ordinateur, a eu lieu en demi-classe, pendant que l'autre moitié de la classe vaque à une autre activité en autonomie. Après 30 minutes, les rôles sont inversés.

Nous détaillons dans la suite le contenu des deux premières séances.

Séance 1 : introduction de la notion de motif et de répétition

Cette séance a pour objectif d'introduire les notions de motif et de répétition dans un contexte de reproduction de frises colorées.

Dans la première partie de la séance, un binôme doit reproduire à l'identique une tour en LEGO de 8 à 12 briques avec une alternance de couleur comme l'illustre la figure 2. Un des élèves est chargé de construire la tour, qui n'est pas visible de sa place. L'autre élève, le messenger, se déplace pour aller voir le modèle, afin de guider oralement son partenaire dans sa reproduction. Le messenger n'a pas le droit de toucher aux LEGO, ni de montrer ceux qu'il faut utiliser.

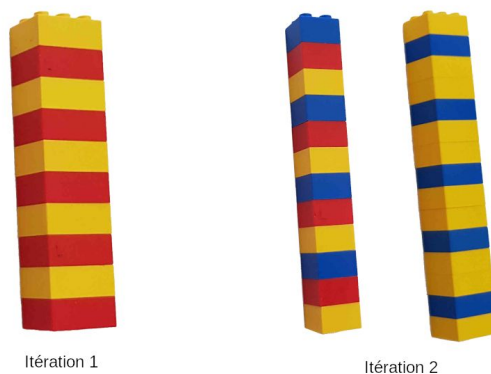


Figure 2. Exemples de modèles de tour en LEGO proposés aux élèves

Cette activité vise la prise de conscience de la nécessité de la précision des informations données et de l'importance du langage dans la description d'un processus.

Les élèves expérimentent l'ambiguïté ou l'imprécision du langage naturel. Ils se rendent compte qu'un très petit nombre d'informations est nécessaire pour réussir la tâche, mais que ces informations doivent être très précises.

Cette prise de conscience se fait grâce à la confrontation de la tour construite avec son modèle. Elle est renforcée par un temps collectif à l'issue de l'activité, au cours duquel l'enseignante aide à l'explicitation des erreurs commises.

Dans une seconde itération, on change les rôles dans les binômes et on introduit des tours avec des motifs de longueur trois. À l'issue de cette activité, après confrontation des tours, on fait émerger la notion de motif en demandant aux élèves de casser leur tour en morceaux identiques. Le but est d'obtenir le plus de morceaux identiques possibles. On a ainsi une matérialisation du motif et de son nombre de répétitions en décomptant le nombre de morceaux.

L'activité numérique qui suit reprend le même principe, sauf que l'élève doit transmettre les informations à l'ordinateur, dans le langage que celui-ci comprend, ici *Scratch*. Les motifs proposés sont ordonnés en complexité croissante, en faisant varier la longueur du motif à repérer (figure 3).

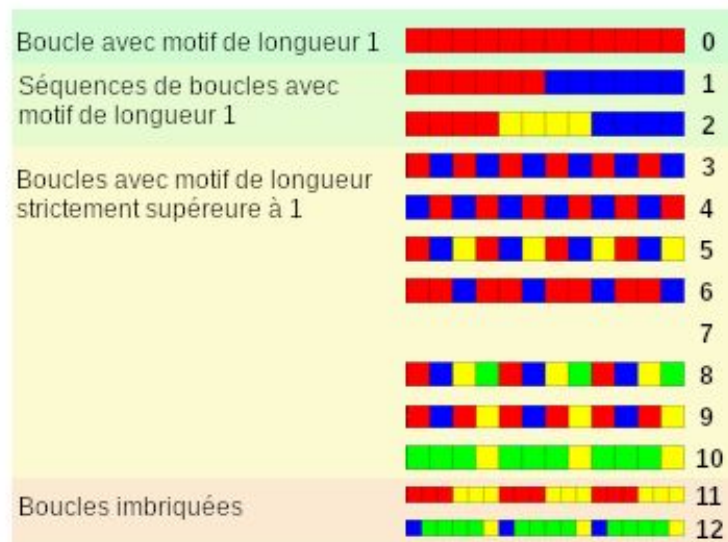


Figure 3. Parcours MOTIF ART sur support numérique, avec augmentation progressive de la complexité du motif à identifier et synthétiser.

L'interface est épurée, seuls les blocs utiles à l'activité sont disponibles (cf figure 4). Le nombre de blocs disponibles pour concevoir le programme contraint l'utilisation de la boucle (questions 0 à 10) puis de la boucle imbriquée (questions 11 et 12). Les briques LEGO restent à la disposition des élèves comme aide. Ils peuvent éventuellement reproduire la frise qu'ils voient à l'écran puis la casser pour retrouver le motif.

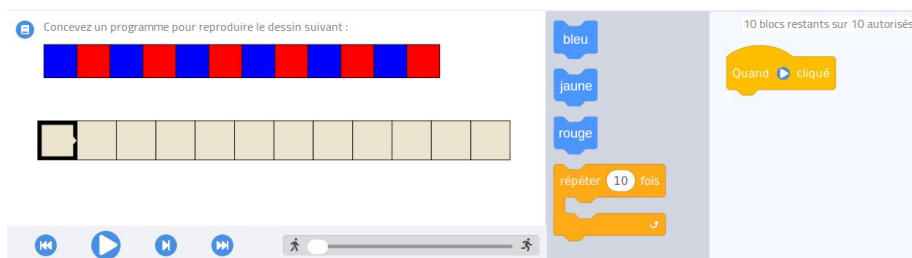


Figure 4. Interface MOTIF ART sur la plateforme

Séance 2 : gestion des déplacements d'un personnage sur une grille

Cette séance commence avec une activité corporelle, afin de renforcer la latéralisation. Dans les deux activités proposées ensuite, tangible et numérique, il s'agit de programmer le déplacement d'un robot sur une grille. Le but est d'amener le robot sur une case cible, éventuellement en contournant des obstacles. L'orientation est auto-

centrée, avec un jeu de trois instructions : « avancer », « tourner à droite » et « tourner à gauche ».

Pour cette séance, la modalité tangible mobilise un jeu de plateau utilisé par groupes de quatre élèves, au cours duquel ils tiennent des rôles différents : codeur (qui écrit un code à l'aide du langage formel disponible), pointeur (qui montre avec le doigt la prochaine instruction à exécuter), lecteur (qui lit l'instruction pointée), processeur (qui exécute l'ordre donné). Après deux situations de séquences qui visent à entrer dans l'activité, la case de départ et la case cible sont éloignées afin d'introduire la notion de répétition de déplacements élémentaires (répétition avec motif de longueur 1, c'est-à-dire un corps de boucle ne contenant qu'une instruction). Au cours du jeu de plateau, la séquence de répétitions avec motif de longueur 1 a été introduite mais les répétitions avec plusieurs instructions dans le corps de la boucle (motif de longueur strictement supérieure à 1) n'ont pas été abordées.

Le même contexte est repris ensuite sur support numérique (ordinateur). Le parcours est proposé sur la même plateforme, dans un langage de programmation graphique similaire à *Scratch*. La figure 5 décrit la progression pédagogique proposée aux élèves.

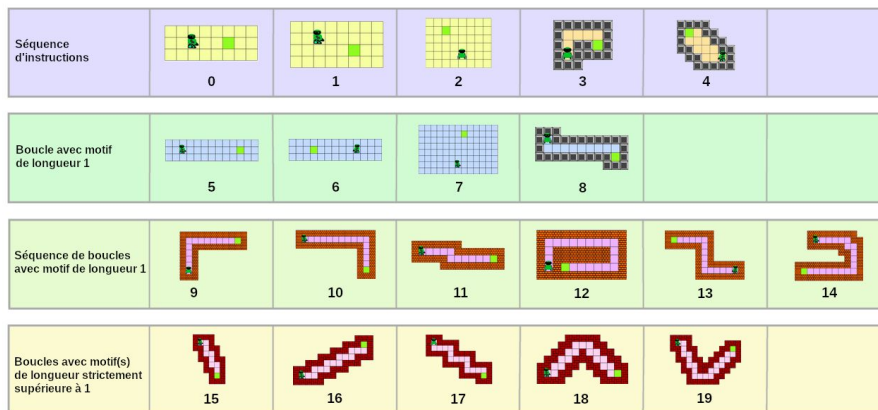


Figure 5. Parcours ROBOT sur support numérique, avec orientation autocentrée

3.2 Participants et organisation de l'expérimentation

Cette étude exploratoire a été menée dans une classe de CP de la circonscription de Lille sur 3 semaines en mai 2019. La classe comporte 26 élèves de 6 à 7 ans, mais seulement 24 élèves ont participé à la totalité de l'exploration et ont été comptabilisés dans l'étude. Tous les élèves sont lecteurs (au moins déchiffrent) sauf un.

L'expérimentation s'est déroulée dans les locaux de l'école, classe et salle informatique. La séquence pédagogique a été présentée en amont à l'enseignante de la classe, qui a mené les séances. L'expérimentatrice qui a été elle-même enseignante dans le premier degré est présente, dans une posture d'observateur, parfois aussi de co-enseignement.

3.3 Collecte des traces d'activités des élèves

Les activités numériques ont été réalisées sur une plateforme mise à disposition par l'association France-IOI³. Les élèves sont enregistrés avec un code de participant sur cette plateforme et toute l'activité enregistrée est rattachée à ce code, ce qui anonymise les données collectées tout en permettant leur traitement après extraction.

Lors de chaque événement sur l'interface (changement de question, clic sur le bouton "play"), un enregistrement est déclenché. Cet enregistrement comprend le numéro de la question, le code de participant, la date, le type d'événement, le score réalisé et le programme soumis.

Il est à noter que les élèves ont reçu leur code de participant et ont pu retourner sur les parcours hors temps scolaire. L'extraction a été faite quelques semaines après l'expérimentation et les traces collectées comprennent l'activité pendant les séances en temps scolaires, mais aussi l'activité des élèves hors temps scolaire.

4 Résultats

4.1 Analyse des traces d'activités des élèves pour le parcours MOTIF ART

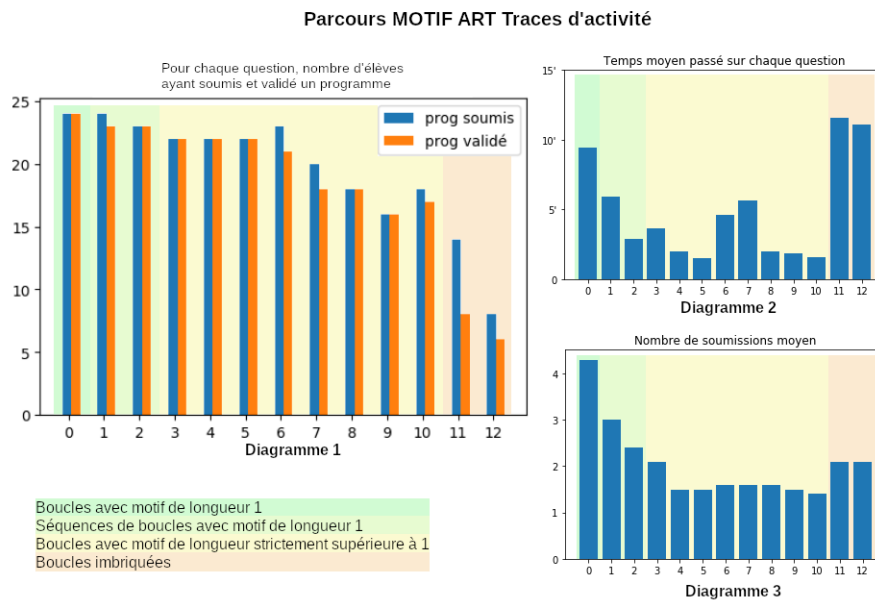


Figure 6. Traces d'activités des élèves sur le parcours MOTIF ART

Nous analyserons les diagrammes de la figure 6 afin de déceler la détection de motifs répétitifs et la mobilisation de la structure itérative par les élèves sur le parcours

³ Site de l'association France-IOI : <http://www.france-ioi.org>

MOTIF ART. Nous essaierons aussi de détecter les paliers des difficultés dans ce parcours.

Le diagramme 1 montre pour chaque question le nombre d'élèves qui ont au moins soumis une réponse (en bleu) et le nombre d'élèves qui ont réussi la question (en orange). Pour plus de la moitié du parcours, nous avons plus de 20 élèves qui soumettent un programme valide, ce qui fait un taux de réussite au-delà de 80% et permet d'affirmer que dans les conditions où il a été introduit, ce parcours est bien accessible à cette tranche d'âge.

Le diagramme 2 permet d'affiner ces résultats. Il présente la moyenne de temps passé sur chaque question en ne prenant en compte les élèves qui ont soumis au moins une réponse. Il est à mettre en parallèle avec le diagramme 3, qui montre le nombre moyen de soumissions pour chaque question.

L'analyse de ces diagrammes nous donne des éléments sur la difficulté du parcours pour les élèves.

Le temps passé sur la première question nous indique un temps de prise en main de l'interface de l'ordre de 10 minutes. Plusieurs programmes sont soumis, malgré la simplicité du puzzle. Pour les questions 2 et 3, le temps passé décroît fortement, de l'ordre 3 minutes pour la question 3. Le nombre de soumissions décroît aussi, ce qui montre que la notion de boucle simple est bien assimilée, et donc largement accessible dans ce contexte.

On observe une légère remontée de la durée pour la question 3 qui correspond au passage à la répétition avec plusieurs instructions dans le corps de la boucle. Par contre, le nombre moyen de soumissions continue à décroître. Ce motif de longueur 2 a été mobilisé lors de l'activité tangible "Tours de LEGO", ce qui semble aller dans le sens de l'efficacité de cette activité et d'une bonne transposition de la compétence du support tangible vers le support numérique. Le passage à un motif de longueur 3 (question 5) ne pose aucun souci, le temps passé diminuant encore.

La durée plus importante pour les questions 6 et 7, ainsi que le nombre d'élèves qui restent bloqués aux questions 6 (3 élèves) et 7 (2 élèves supplémentaires) nous indique un palier de difficulté à cet endroit du parcours. En effet, le motif de longueur 3 change de forme, avec deux fois la présence d'une même couleur dans le motif, ce qui le rend moins lisible et en complique la détection.

Un deuxième palier de difficulté est très visible aux questions 11 et 12. Il correspond au passage aux boucles imbriquées. 14 élèves sur les 24 arrivent jusqu'à la question 11 et 6 y restent bloqués. Le nombre moyen de soumissions remontent pour les questions 11 et 12. À cet âge et dans ce contexte particulier, on peut toutefois noter que les boucles imbriquées sont accessibles pour un tiers de la classe (8 élèves) qui ont réussi la question 11.

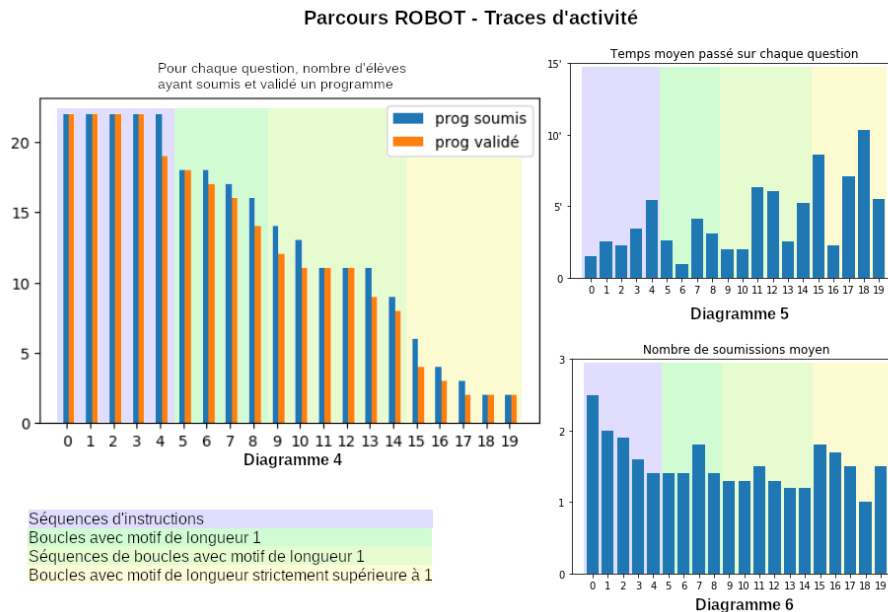


Figure 7. Traces d'activités des élèves sur le parcours ROBOT

En considérant la figure 7, nous reprendrons pour le parcours ROBOT le même type d'analyse que pour le parcours MOTIF ART. Nous comparerons aussi les résultats obtenus sur les deux parcours.

On ne remarque pas de temps significatif pour la prise en main du parcours, signe que le changement de contexte et de langage (*blockly* vs. *scratch*) sur la même plateforme s'est fait de manière fluide.

Les élèves obtiennent de moins bons résultats pour ce parcours, alors que la progression reprend la séquence d'instructions, et que la boucle avec des motifs de longueur strictement supérieure à 2 est abordée beaucoup plus tard.

Pour les questions sur la séquence d'instructions, le temps passé augmente avec le nombre de blocs nécessaires pour concevoir le programme. Cela n'est cependant pas interprété comme un signe de difficulté car parallèlement, le nombre de soumissions diminuent. On peut se poser la question de la pertinence de la question 4, qui bloque 3 élèves alors que l'objectif est de permettre au plus grand nombre d'accéder aux questions sur la détection de motifs et la répétition.

On remarque un pic et sur le temps passé et sur le nombre de soumissions pour la question 7, signe d'une difficulté à cet endroit du parcours. En effet, il faut à la fois utiliser le bloc "répéter" avec une instruction dedans, mais aussi des blocs à l'extérieur de cette boucle, pour gérer le premier déplacement et le changement d'orientation du robot.

Le passage aux répétitions avec des motifs de longueur strictement supérieure à 2 est beaucoup plus discriminant que pour le parcours MOTIF ART. Seuls 4 élèves réussissent une question de ce type sur le parcours ROBOT, contre 22 élèves pour le parcours MOTIF ART.

Deux facteurs peuvent apporter des éléments d'explication. D'une part, la gestion de l'orientation du robot constitue une difficulté inhérente à ce contexte.

Mais surtout, la détection du motif nécessite un plus grand degré d'abstraction dans ce contexte que dans le contexte MOTIF ART. Dans le contexte MOTIF ART, le motif (de couleurs) et le code utilisé (blocs de couleur) sont très proches.

En revanche, dans le contexte ROBOT, le motif correspond aux déplacements du robot (blocs de déplacements), il est séquentiel et ne peut s'appréhender globalement qu'à travers la visualisation des cases que le robot doit parcourir. La difficulté supplémentaire est de replacer le robot dans la même orientation pour aborder chaque motif.

Il est courant de mobiliser ce contexte de programmation de déplacements d'un robot sur une grille (tangible ou numérique) pour l'initiation à la programmation. Il permet en particulier de viser des compétences en structuration de l'espace. Il semble en revanche qu'il soit moins efficace que le contexte MOTIF ART pour introduire la détection de motifs répétitifs et leur expression sous forme synthétique.

5 Conclusion et perspectives

Cet article porte sur l'initiation à la pensée informatique chez de jeunes élèves de 6-7 ans en cours d'apprentissage de la lecture. Il s'agit d'une expérimentation exploratoire menée en milieu scolaire. La séquence pédagogique initie ces élèves à la détection de motifs et à leur expression sous forme de répétition, dans un contexte de programmation de frises de couleurs, et dans un contexte de déplacement de robot sur une grille.

L'étude montre que la détection de motifs et son expression sous forme de répétition est accessible pour cet âge dans un contexte où le code utilisé et les éléments du motif sont similaires visuellement. Lorsque le contexte implique en plus des compétences d'orientation spatiale, la détection de motif devient difficile pour la plupart des élèves de cet âge. Lors de l'initiation à la pensée informatique, Il nous semble donc pertinent de dissocier la détection de motifs répétitifs et l'introduction de la structure de contrôle de répétition de la gestion des déplacements d'un personnage.

Cette étude fait aussi émerger un certain nombre d'autres problématiques. En effet, les élèves ont passé des pré-test et post-test, mais ces outils demandent à être affinés pour être exploitables. En particulier, la modalité papier de ces tests est à questionner.

Les 22 élèves présents lors de la séance 3 ont utilisé le mode créatif du parcours MOTIF ART et l'ont beaucoup apprécié. Une analyse plus fine des dessins produits reste à faire, pour appréhender dans quelle mesure les élèves utilisent des motifs répétitifs lors d'une activité de création.

Suite à cette expérimentation, une étude plus large est en cours. Le même parcours sera proposé à des élèves de Grande Section (4-5 ans). À cette fin, les blocs *Scratch* du parcours MOTIF ART ont été modifiés pour être accessibles aux non-lecteurs. La couleur de chaque bloc correspond désormais à la couleur codée.

Il s'agira dans cette nouvelle étude de confirmer ces résultats, mais aussi de faire une analyse plus fine des programmes soumis et des erreurs faites par les élèves.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier l'enseignante qui nous a accueilli dans sa classe pour cette expérimentation, et l'association France-IOI pour les possibilités d'usages et d'adaptation de ses plateformes.

Nous remercions aussi l'INSPÉ Lille Nord-de-France et plus particulièrement Mme Dorothee HALLIER-VANUXEM, qui nous a informé de l'appel à projet initié par l'INSPÉ pour lequel notre projet de recherche a été retenu, ce qui nous permettra d'étudier les perspectives présentées dans cet article.

Références

1. Aggarwal, A., Gardner-McCune, C., & Touretzky, D. S. (2017). Evaluating the Effect of Using Physical Manipulatives to Foster Computational Thinking in Elementary School. In SIGCSE'2017.
2. Baratè, A., Ludovico, L.A., Malchiodi, D. (2017). Fostering Computational Thinking in Primary School through a LEGO-based Music Notation. *Procedia Computer Science*, 112, p. 1334–1344.
3. Bellegarde, K., Boyaval, J., & Alvarez, J. (2019). S'initier à la robotique/informatique en classe de grande section de maternelle. Une expérimentation autour de l'utilisation du robot Blue Bot comme jeux sérieux. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 13(1), 51-72.
4. Brackmann, C. P., Román-gonzález, M., Robles, G., Moreno-león, J., Casali, A., & Barone, D. (2017). Development of Computational Thinking Skills through Unplugged Activities in Primary School. In *WiPSCE'17*, pp. 65–72
5. Declercq, C., & Tort, F. (2018, April). Organiser l'apprentissage de la programmation au cycle 3 avec des activités guidées et/ou créatives.
6. Grover, S., Cooper, S., & Pea, R. (2014). Assessing computational learning in K-12. *Proceedings of the 2014 Conference on Innovation & Technology in Computer Science Education - ITiCSE '14*, p.57–62.
7. Komis, V., & Misirli, A. (2011, October). Robotique pédagogique et concepts préliminaires de la programmation à l'école maternelle: une étude de cas basée sur le jouet programmable Bee-Bot. *Sciences et technologies de l'information et de la communication en milieu éducatif : Analyse de pratiques et enjeux didactiques*. *EduTice-00676143*, pp.271-281.
8. Komis, V., Touloupaki, S., & Baron, G.-L., (2017). Une analyse cognitive et didactique du langage de programmation ScratchJr. In Henry, J., Nguyen, A., Vandeput, E. (coordination éditoriale), *L'informatique et le numérique dans la classe : qui, quoi, comment ?*, Presses Universitaires de Namur, pp. 109–122.
9. Nogry, S. (2018). Comment apprennent les élèves au cours d'une séquence de robotique éducative en classe de CP?. *De 0 à 1 ou l'heure de l'informatique à l'école*, 235.
10. Peter, Y., Léonard, M., & Secq, Y. (2019, June). Reconnaissance de Motifs et Répétitions: Introduction à la Pensée Informatique. *Environnements informatiques pour l'Apprentissage Humain*, Paris, France, pp. 211-222.
11. Romero, M., Lille, B., & Patiño, A. (2017). Usages créatifs du numérique pour l'apprentissage au XXIe siècle. *PUQ*
12. Seiter, L., & Foreman, B. (2013). Modeling the learning progressions of computational thinking of primary grade students. *Proceedings of the Ninth Annual International ACM Conference on International Computing Education Research*, p. 59–66.
13. Shute, V. J., Sun, C., & Asbell-Clarke, J. (2017). Demystifying computational thinking. *Educational Research Review*, 22(September), p. 142–158.
14. Wing, J.M. : Computational Thinking. *COMMUNICATIONS OF THE ACM* 49 (3), 33#35 (2006)