



## MOTIF..MOTIF.. : initier à la notion de répétition en maternelle sans mobiliser de repérage spatial

► **Marielle LÉONARD (1 ; 2), Yvan PETER (1), Yann SECQ (1), Julian ALVAREZ (1), Cédric FLUCKIGER (2)**

(1) Univ. Lille, CNRS, Centrale Lille, UMR 9189 CRISTAL, France

(2) Univ. Lille, ULR 4354 - CIREL - Centre Interuniversitaire de Recherche en Éducation de Lille, F-59000 Lille, France

---

■ **RÉSUMÉ** • Cet article détaille un dispositif pédagogique destiné à initier des élèves de 5-6 ans à la notion de répétition. Celui-ci articule activités débranchées, résolution de problèmes et activités créatives dans un EIAH. L'analyse des observations et des traces numériques obtenues en milieu écologique montre qu'il est possible d'introduire les notions de base en algorithmique en s'appuyant sur l'identification de motifs visuels en évitant les difficultés liées au repérage spatial (mouvements du robot). Nous fournissons également les premiers éléments d'appropriation par des enseignants et des enseignantes de maternelle qui ont été formés à la pensée informatique.

■ **MOTS-CLÉS** • Pensée Informatique, Programmation, Apprentissage par le jeu

■ **ABSTRACT** • *This article presents an educational setting intended to introduce 5-6 year olds pupils to the loop concept. It articulates unplugged activities, problem solving and creative activities through an online platform. The analysis of observations and digital traces collected in an ecological setting shows that it is possible to introduce basic algorithmic concepts by relying solely on visual patterns identification, avoiding spatial tracking difficulties (robot movements). We also show elements of appropriation by kindergarten teachers who have been introduced to computational thinking.*

■ **KEYWORDS** • *Computational Thinking, Programming Learning, Game-based Learning*

**Marielle LEONARD, Yvan PETER, Yann SECQ, Julian ALVAREZ, Cédric FLUCKIGER**

### 1. Introduction

Depuis plusieurs années, et particulièrement suite à l'article de Wing publié en 2006 (Wing, 2006), la question de la formation de l'ensemble des élèves à la pensée informatique a suscité de nombreux débats (Drot-Delange *et al.*, 2019) et a participé à de fortes évolutions institutionnelles au niveau des programmes scolaires de plusieurs pays. Ces débats se poursuivent toujours et portent sur le périmètre de cette notion de « pensée informatique », ainsi que sur les éléments qu'il conviendrait d'introduire selon le niveau des élèves afin d'avoir un cursus cohérent. En France, depuis 2015, des réformes successives ont introduit des éléments d'informatique dans les différents programmes du système scolaire : depuis l'école primaire (3 à 10 ans), puis au collège (11 à 14 ans) jusqu'au lycée (15 à 18 ans). Ces modifications significatives des programmes entraînent d'importantes problématiques en termes de didactique, sur ce qu'il est pertinent de réaliser selon les niveaux d'études, mais aussi institutionnelles, pour ce qui est de la formation des enseignants et enseignantes en poste ou en formation.

Dans cet article, nous présentons les travaux que nous effectuons afin de répondre partiellement à certaines de ces problématiques. Nous proposons un scénario pédagogique d'initiation à la programmation pour de jeunes élèves de 5-6 ans et un dispositif associé pour la formation de leurs enseignants et enseignantes. Cette initiation porte sur les notions fondamentales de la programmation avec un focus spécifique sur l'appropriation de la notion de répétition et le développement de la capacité de reconnaissance de motifs. Dans le système scolaire français, les élèves de 5-6 ans sont en grande section de maternelle, c'est-à-dire dans l'année qui précède l'apprentissage structuré de la lecture et de l'écriture. Les élèves visés sont donc non-lecteurs, mais entrent progressivement dans la culture de l'écrit. Des problématiques spécifiques sont à appréhender pour cette tranche d'âge, comme la non-maîtrise de l'écrit et l'importance des activités manipulatoires.

Pour répondre à ces problématiques, nous articulons des activités débranchées et des activités sur tablette. Nous mobilisons les activités débranchées (Romero *et al.*, 2018b) afin d'introduire les notions dans un contexte non-technique. Par la mobilisation d'un environnement de programmation simplifié sur une plateforme en ligne, nous visons le renforcement de l'appropriation de ces notions. Nous avons adopté une

approche ludopédagogique qui consiste à mettre en situation d'apprendre avec le jeu sous différentes formes.

Nos travaux antérieurs réalisés avec des élèves plus âgés de 8-10 ans (CMI-CM2) (Peter *et al.*, 2019), puis de jeunes lecteurs de 6-7 ans (CP) (Léonard *et al.*, 2020), nous ont permis d'identifier plusieurs paliers de difficultés pour l'apprentissage des bases de la programmation et de la notion de répétition. La première expérimentation a permis de conclure que la notion de répétition est accessible à des élèves de 8-10 ans et repose sur le développement de leurs capacités de reconnaissance et de synthèse de motifs redondants. Nous avons aussi détecté un palier de difficulté lorsque le motif à identifier est constitué de plusieurs instructions. Cette difficulté a été confirmée par des résultats similaires avec les 6-7 ans. Nous avons également observé sur cette tranche d'âge, un impact positif de la suppression des activités impliquant un repérage dans l'espace (par exemple le déplacement d'un robot), au profit de la reproduction de frises colorées.

Suite à cette dernière expérimentation, nous nous sommes interrogés sur la possibilité de réaliser une séquence similaire avec un public plus jeune et non-lecteur. Est-ce que le contexte proposé permettrait à ces élèves de s'approprier la notion de répétition et plus spécifiquement, est-ce que les capacités de reconnaissance de motifs et de leur synthèse peuvent être développées dès 5-6 ans ? Quelles doivent être les évolutions à apporter au niveau des activités débranchées et leur articulation avec la plateforme en ligne ? Quel serait le degré d'appropriation de cette séquence pédagogique par leurs enseignants et enseignantes ?

Cet article vise à apporter des éléments de réponse à ces différentes questions en proposant un scénario ludopédagogique. D'une part, le scénario est testé avec des élèves de 5-6 ans en milieu écologique, au sens d'un milieu ordinaire non contrôlé expérimentalement. D'autre part, ce scénario est présenté à des enseignants de cycle 1 en formation continue. La section 2 présente les travaux proches de nos problématiques et les cadres théoriques mobilisés. La section 3 détaille le scénario pédagogique « MOTIF.MOTIF. » et les évolutions effectuées pour l'adapter à un public jeune public. La section 4 analyse les résultats des expérimentations réalisées en classe, à partir d'observations et des traces d'activités des élèves sur la plateforme. La section 5 aborde quelques retours de terrain collectés auprès d'enseignants et enseignantes ayant suivi la formation et ayant expérimenté une séquence avec leur classe. Finalement, la

conclusion synthétise les principaux résultats de cette étude et présente les perspectives qui s'ouvrent à l'issue de ces travaux.

## **2. État de l'art**

### **2.1. Pensée Informatique**

Il n'existe pas de définition unanimement acceptée du terme « Pensée Informatique » (PI). Celle-ci se réfère notamment à un certain nombre d'habiletés (abstraction, réflexion algorithmique...) qui ouvrent la voie à un traitement automatisé. On pourra se référer à ce sujet au compte-rendu de la table ronde qui a eu lieu au colloque Didapro 7 (Drot-Delange *et al.*, 2019). On retrouve les premiers fondements de la PI dans les travaux de Papert (Papert, 1980) et l'intérêt de la recherche et de l'éducation pour ce domaine a été grandement relancé par la prise de position de Wing qui considérait que la PI devait faire partie des enseignements fondamentaux à l'école (Wing, 2006).

On recense plusieurs approches pour l'apprentissage de la PI qui peuvent être combinées et se compléter : la robotique pédagogique, les activités débranchées et les environnements de programmation dédiés.

### **2.2. Robotique pédagogique**

Papert (Papert, 1980) a probablement fondé la robotique éducative dès 1969 avec le robot de plancher Turtle et son langage de programmation *Logo* associé (Catlin et Blamires, 2019), (Catlin et Woollard, 2014), (Denis, 1987). Ce langage a ensuite donné naissance à plus de 300 autres variantes logicielles (Boychev, 2014). Parmi ces déclinaisons du langage *Logo*, certaines étaient consacrées à des jouets tangibles tels que le *Logo LEGO* (Jarvinen, 1998), (Krumholtz, 1998), (Ocko et Resnick, 1987). Le robot de plancher *Turtle* a inspiré de son côté plusieurs jouets robots, comme *Blue Bot* par exemple, que l'on retrouve mobilisés dans le champ de l'enseignement (pour une étude sur les apports de la robotique pédagogique au regard d'autres modalités, voir Bellegarde *et al.* (Bellegarde *et al.*, 2019).

Cependant, si la modalité offerte par l'emploi de jouets robots peut générer des résultats intéressants auprès de jeunes élèves comme ceux de cycle 1 (Alvarez *et al.*, 2018), ou avec des élèves de cycles supérieurs, (Nogry, 2019), leur emploi sur le terrain se heurte à des problèmes de repérage dans l'espace (prise de perspective décentrée gauche/droite) (Touloupaki *et al.*, 2019) et qui perdurent chez la moitié des enfants de 11 ans (Romero *et al.*,

2018a). On peut raisonnablement imaginer que cette proportion est plus importante avec des enfants de 5 ans. Komis *et al.* (Komis *et al.*, 2011) pointent la difficulté de prise en main des commandes de pivotement. À cela s'ajoute le fait que ce repérage dans l'espace est encore plus complexe chez les enfants lorsqu'ils sont en présence d'objets en mouvement (déplacements et rotations) (Lurçat, 1979).

En parallèle, peuvent être aussi recensées d'autres contraintes comme la possibilité pour le corps enseignant d'accéder simplement à des robots jouets pour conduire leurs enseignements ou à devoir gérer des pannes matérielles par exemple. Face à de telles contraintes, qui ne sont pas exhaustives, Romero *et al.* préconisent de se tourner vers les activités débranchées pour enseigner la pensée informatique (Romero *et al.*, 2018a).

Ces difficultés, rencontrées de manière récurrente dans les expérimentations de robotique pédagogique, nous amènent à ne pas mobiliser de jouet robot et à dissocier l'introduction de notions de pensée informatique de la mobilisation de compétences de repérage dans l'espace.

### **2.3. Environnements de programmation pour jeunes élèves**

Concernant les environnements de programmation adaptés aux élèves de 5-6 ans, ScratchJr (<https://www.scratchjr.org/>) est le plus répandu. Le concept central pour *ScratchJr* est celui d'animation (Komis *et al.*, 2017). L'analyse de ces auteurs montre qu'en dépit des apparences, la syntaxe de *ScratchJr* n'est ni simple, ni intuitive pour des jeunes élèves. Aborder la répétition est difficile dans cet environnement avec des élèves de cette tranche d'âge (Touloupaki *et al.*, 2019). Dans l'environnement *Scratch* (<https://scratch.mit.edu/>) destiné aux élèves à partir de 8 ans, on retrouve des difficultés liées à la grande quantité de blocs disponibles, dont seulement un petit nombre est mobilisé pour une activité d'initiation. Cette constatation amène Romero et ses collègues (Romero *et al.*, 2018a) à sélectionner des blocs en amont d'une séquence pédagogique avec l'environnement *Scratch*. Dans l'environnement de programmation mobilisé pour la présente recherche, seuls les blocs qui font sens pour l'activité proposée sont disponibles sur l'interface.

Dans cette étude, nous recherchons des approches qui articulent des activités débranchées et des activités dans un environnement de programmation par blocs sans mobiliser de commandes de déplacement.

Très peu de travaux concernent la tranche d'âge de 5-6 ans qui nous intéresse, ce qui nous amène à élargir notre état de l'art avec les travaux concernant des élèves un peu plus âgés.

### **2.4. Activités débranchées**

Olmo-Muñoz *et al.* ont étudié l'impact des activités débranchées sur le développement des capacités de PI dans les premières années de primaire (Olmo-Muñoz *et al.*, 2020). Leur étude montre que l'utilisation d'activités débranchées préalablement aux activités sur support numérique a un impact positif à la fois sur le développement de la PI, mais également sur la motivation. Cette étude récente confirme les résultats de Brackmann *et al.* obtenus lors d'une expérimentation avec des élèves de 10-12 ans. Pour cette tranche d'âge, ils ont montré au moyen de pré-test et post-test que des activités débranchées sur support papier ont un impact équivalent à une séquence sur *code.org* (plateforme qui propose des activités de programmation en ligne) en termes de développement des compétences de PI (Brackmann *et al.*, 2017). Ces derniers évoquent l'articulation entre activités débranchées et activités branchées pour renforcer l'apprentissage de la PI.

Aggarwal *et al.* (Aggarwal *et al.*, 2017) quant à eux, ont mesuré l'impact d'une activité manipulative en support d'activité de conception de programme pour des élèves de 8-10 ans. Ils la comparent à une activité similaire dans un environnement de programmation par blocs. Ces auteurs concluent que le feedback dynamique de l'environnement de programmation est plus efficace que la manipulation de matériel tangible pour la compréhension des concepts et la représentation de l'exécution du programme. Ils montrent aussi que la manipulation des éléments de langage via du matériel tangible constitue une aide efficace à la conception de programme (encodage). Ils suggèrent donc une utilisation limitée de matériel tangible comme introduction, avant de passer dans un environnement de programmation par blocs.

Nous nous situons dans la même perspective d'articulation d'activités débranchées et d'activités dans un environnement de programmation par blocs, avec un focus sur la notion de répétition. Le scénario que nous proposons et qui est détaillé dans la partie suivante repose sur la manipulation de briques de construction au cours d'activités débranchées organisées sous forme de jeux. Utiliser des briques de construction, matériel très courant dans les classes, nous semble pertinent. Saxena *et al.* décrivent une activité basée sur ce matériel avec des élèves de 3 à 6 ans,

qui consiste à continuer une suite logique (Saxena *et al.*, 2019). Cette activité est placée en amont d'une séquence de robotique pédagogique, sans que l'articulation soit identifiée. Nous explorons cette piste pour notre approche de l'introduction de la PI basée sur la reconnaissance de motifs visuels, en portant une attention particulière, dans le scénario ludopédagogique, à l'articulation entre les activités débranchées et les activités sur tablette. Ainsi, notre démarche s'inscrit en rupture avec la mobilisation de robots pédagogiques et d'instructions de déplacements, pour introduire des notions de PL. Nous cherchons à appréhender si le dispositif que nous décrivons dans la partie suivante rend la notion de répétition accessible à des enfants de 5-6 ans. Parallèlement, nous sommes attentifs au degré d'appropriation d'un tel dispositif par des enseignants et enseignantes d'école maternelle.

### **3. Élaboration du scénario ludopédagogique**

#### **3.1. Ludopédagogie**

La ludopédagogie, est une méthode pédagogique où l'on emploie du jeu (Alvarez, 2018) ou encore du jeu sérieux comme médiation pour diffuser des messages (enseignement), dispenser des entraînements (exercices) ou collecter des données (évaluations). Keymeulen précise pour sa part : « *le terme ludopédagogie englobe à la fois la pédagogie du jeu et la pédagogie des jeux. Il s'agit d'une part de l'utilisation du jeu et des jeux dans les apprentissages, mais plus encore d'une méthodologie d'apprentissage basée sur le jeu* » (Keymeulen, 2016). Ainsi le simple fait de convoquer du jeu ou bien encore du jeu sérieux dans une pédagogie, nous inscrit dans la ludopédagogie. Précisons cependant, qu'il existe plusieurs manières d'employer du jeu dans un cadre pédagogique. Ainsi pour Hochet, nous pouvons enseigner « *avec* », « *par* », « *sur* » et « *autour du jeu* » (Hochet, 2013). Dans une approche ludopédagogique moderne, le défi consiste notamment à enseigner « *avec du jeu* » et moins « *par le jeu* ». La nuance étant que, dans le cas où l'on « *enseigne par le jeu* », nous sommes dans l'idée d'utiliser le jeu comme élément de récompense une fois la tâche utilitaire accomplie. En revanche, lorsque l'on cherche à enseigner « *avec le jeu* », il s'agit d'employer le jeu comme une véritable médiation : on s'appuie sur le jeu pour illustrer les propos, pour faire vivre une expérience concrète, pour contextualiser un concept... Le jeu n'est pas accessoire dans cette approche ludopédagogique, il est central.

Dans le cadre de nos expérimentations, c'est l'approche « *avec le jeu* » que nous convoquons au travers de l'emploi de jouets que représentent

les briques de construction ou bien encore de jeux sérieux comme l'environnement « MOTIF ART » sur tablette. Ainsi, nous parlerons, dans notre cas, de scénario ludopédagogique pour définir l'idée que notre scénario pédagogique convoque du jeu.

#### **3.2. Apport des expérimentations précédentes**

Le scénario ludopédagogique proposé s'appuie sur celui développé dans le cadre du projet *Chticode* avec des élèves de 8-10 ans (Peter *et al.*, 2019). Celui-ci a ensuite fait l'objet d'une première évolution dans le cadre d'une étude exploratoire (projet « MOTIF.MOTIF. ») menée avec des élèves de 6-7 ans en cours d'apprentissage de la lecture (Léonard *et al.*, 2020).

Ainsi, l'expérimentation *Chticode* (Peter *et al.*, 2019) menée avec des élèves de 8-10 ans, propose un scénario ludopédagogique constitué de séquences alternant l'usage d'un jeu de plateau et d'activités en ligne réalisées sur tablette et ordinateur. Le jeu de plateau consiste à commander le déplacement d'un personnage vers une case cible (personnage non orienté puis orienté). La même situation est ensuite reprise et renforcée sur une plateforme où l'objectif est de contrôler le déplacement d'un robot virtuel avec un langage de programmation par blocs, puis avec un langage de programmation textuel (*Python*).

Suite à cette première expérimentation, un nouveau scénario ludopédagogique, « MOTIF.MOTIF. 6-7 ans » (Léonard *et al.*, 2020), a été créé avec une approche mixte. Lors de cette étude exploratoire, la notion de motif a été introduite dans un contexte de reproduction de frises colorées avec des briques de construction, activité connue en amont des élèves qui l'avaient déjà vécue en classe dans d'autres contextes. Le changement fondamental, par rapport à l'activité avec les 8-10 ans, porte sur la suppression de la gestion explicite des déplacements du robot lors de l'activité connectée. Dans une deuxième étape, la reconnaissance et la synthèse de motifs redondants ont été reprises dans un contexte de déplacements.

Cette étude exploratoire a montré que la mobilisation de la notion de répétition, qui passe par la reconnaissance et la synthèse de motifs redondants, est abordable avec des élèves de 6-7 ans en cours d'apprentissage de la lecture. Toutefois le contexte joue un rôle déterminant. Pour cette tranche d'âge, la notion de répétition est accessible dans un environnement où le motif peut être identifié

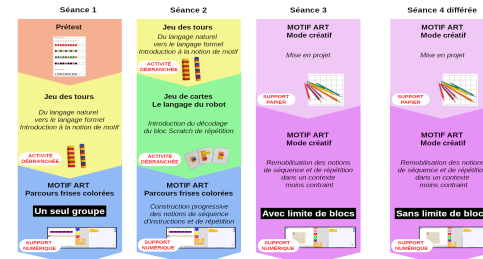
visuellement. L'expérimentation a montré qu'en revanche, dans un contexte de déplacement de personnage, la gestion du repérage dans l'espace (gauche/droite) associé au fait de ne pas pouvoir visualiser le motif constituent des obstacles majeurs à l'identification de motifs redondants.

Comme l'objet de cette étude est de déterminer si la reconnaissance de motifs redondants et leur synthèse sous forme de répétition est accessible à un public encore plus jeune, nous abandonnons complètement, et c'est sans doute l'une des originalités de cette étude, le contexte de déplacement d'un personnage, évacuant ainsi les difficultés de repérage spatial. Nous nous concentrons sur le contexte de reproduction de frises colorées qui nous semble plus accessible pour aborder la notion de répétition avec des élèves de 5-6 ans non lecteurs. Plus précisément, l'expérimentation vise à amener la notion de répétition progressivement, en distinguant différentes étapes : passer du « faire » au « faire faire », passer du langage naturel à un langage formel très simple, identifier des régularités que nous nommons motifs, dénombrer les motifs identifiés et utiliser l'élément de langage formel qui code la répétition.

### 3.3. Conception du dispositif expérimental

Une première version du scénario ludopédagogique a été expérimentée en classe, permettant d'identifier les difficultés des élèves. La figure 1 présente le scénario effectivement réalisé suite aux observations de la première séance et des retours des professeurs des écoles lors des sessions de formation. On note l'alternance d'activités débranchées préparatoires à l'activité numérique ainsi qu'une séance, effectuée en différé plusieurs semaines après les précédentes, qui mobilise l'environnement numérique en mode créatif. Cette dernière séance avait pour but d'observer la capacité des élèves à remobiliser les concepts abordés précédemment.

À noter qu'un groupe d'élèves, dans une première version du scénario, a utilisé l'environnement à la fin de la première séance, avant l'introduction du jeu de cartes, ce qui apparaît en grisé dans la figure 1 ci-dessous. Nous nous sommes toutefois assurés que les résultats sur le reste des séances ne sont pas affectés pour ce groupe, ce qui est bien le cas.



**Figure 1 • Scénario ludopédagogique**

Les trois premières séances du scénario ludopédagogique ont lieu à quelques jours d'intervalle (lundi et vendredi d'une semaine, et lundi de la semaine suivante). Les quatre groupes sont pris successivement en charge par l'expérimentatrice au cours de la journée. Il s'agit donc d'une approche recherche action. En effet, l'expérimentatrice a elle-même exercé à ce niveau de classe pendant plusieurs années, et a été présentée aux jeunes élèves comme une « *maîtresse qui vient nous aider* ». Présenter l'expérimentation de cette manière vise à mettre les jeunes élèves en confiance en attribuant à la nouvelle personne un rôle qui leur est familier et à optimiser de ce fait, le caractère écologique de la situation.

La durée des séances, initialement fixée à 45 minutes, a fluctué, de 35 minutes à 1h15, pour s'adapter aux contraintes logistiques de l'école. En particulier, la séance avec le premier groupe, avant la récréation du matin, a duré plus longtemps que les autres, 1h15, alors que celle avec le deuxième groupe, après la récréation a été plus courte, environ 35 minutes. Les deux séances de l'après-midi ont, quant à elles, duré 45 minutes comme prévu initialement. Cet écart a été en partie compensé par le roulement des groupes, trois des quatre groupes ayant bénéficié d'une séance plus longue.

Cette expérimentation s'est déroulée de janvier à mars 2020 dans une école maternelle de la métropole lilloise dans le nord de la France. Elle a concerné 36 élèves de 5-6 ans, scolarisés en grande section. Dans cette école, les élèves sont répartis dans des groupes de travail stables et

hétérogènes. Ces groupes ont été conservés pour l'expérimentation. Trois groupes, constitués de 9 ou 10 élèves sont issus de la même classe. Un quatrième groupe de 9 élèves est issu d'une autre classe.

### **3.4. Activités du scénario ludopédagogique**

Dans cette section, nous décrivons les quatre séquences du scénario ludopédagogique proposées aux élèves. Ces séquences alternent l'usage d'activités débranchées pour mobiliser les concepts dans un cadre non technique, le renforcement de ces concepts dans un environnement de programmation par blocs et la mobilisation de ces concepts au cours d'une activité créative dans ce même environnement :

- l'activité débranchée « Le jeu des tours » (briques de construction),
- l'activité débranchée « Le langage du robot » (jeu de cartes),
- le parcours frises colorées MOTIF ART dans une approche de type résolution de problèmes,
- le parcours créatif MOTIF ART dans une approche de mini-projet.

#### **3.4.1. Séquence 1 : activité débranchée « Le jeu des tours »**

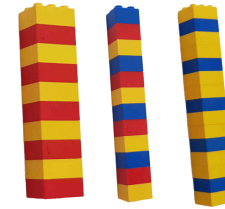
La première séquence du scénario ludopédagogique est un jeu sérieux intitulé « Le jeu des tours ». Il est de type collaboratif et son objectif est d'amener les élèves à identifier un motif redondant sur une séquence linéaire de couleurs et à exprimer verbalement la répétition de ce motif.

Le but du jeu est de reproduire une tour constituée de briques de couleur. Le jeu se déroule en binôme avec un messenger et un constructeur :

- Le messenger est le seul à pouvoir aller voir la tour modèle. Son rôle consiste à observer ce modèle, à en identifier ses caractéristiques, puis à guider verbalement son partenaire.
- Le constructeur est le seul à avoir le droit de manipuler les briques afin de reconstruire la tour sur la base des informations transmises par le messenger.

Ce type de jeu de transport d'informations est utilisé de manière fréquente à l'école maternelle, notamment pour la construction du nombre. Placer « Le jeu des tours » comme première séquence de notre scénario ludopédagogique nous assure ainsi de nous situer dans un contexte familier pour les élèves et leur enseignant ou enseignante. C'est aussi dans cette optique que nous mobilisons des briques de construction, jouets très répandus dans les classes.

Toutes les tours proposées comme modèles sont structurées suivant une suite logique : motifs de longueur 2 ou 3 (figure 2). Les caractéristiques des tours à reproduire constituent les variables didactiques de la situation. Outre la taille et la visibilité du motif, les couleurs, le type de brique et le nombre de briques utilisées varient et permettent de complexifier plus ou moins la situation.



**Figure 2 · Exemples de modèles de tours à décrire**

Après l'explication des règles et la mise en place de la situation de jeu, plusieurs parties sont jouées, entrecoupées par des phases collectives de retour d'expérience et d'élaboration de stratégies. Ces phases collectives, animées par l'adulte, visent à faire prendre conscience de la nécessité de la précision et de la non-ambiguïté des indications données par le messenger au constructeur.

La prise de conscience du besoin d'un langage précis et non ambigu constitue un premier pas vers le passage au langage formel nécessaire pour transmettre des ordres à une machine.

Les notions de motif et de répétition sont introduites par une manipulation. Chaque élève disposant d'une tour à la fin du jeu (la tour modèle ou la tour reproduite), l'adulte demande de casser cette tour en morceaux identiques. Il précise qu'il faut obtenir le plus de morceaux identiques possibles. Chaque morceau obtenu correspond donc à un motif. Il suffit de compter le nombre de morceaux pour obtenir le nombre de répétitions du motif.

Ainsi, la séquence du jeu des tours a pour fonction d'introduire très concrètement, par un jeu de rôle et la manipulation de matériel tangible, des concepts et des pratiques au cœur de la pensée informatique :

transmission d'informations, traitement d'informations, langage formel, repérage et dénombrement de régularités que nous appelons « motifs » dans notre contexte.

### 3.4.2. Séquence 2 : activité débranchée « Le langage du robot »

La séquence 2 est une activité de jeu sérieux se présentant sous la forme d'un jeu de cartes intitulé « Le langage du robot ». Cette séquence a pour objectif de faciliter la transition du langage naturel mobilisé dans la première activité vers un langage formel permettant de réaliser une programmation par blocs. Cette activité permet d'amener les élèves à construire le sens du bloc de répétition (le bloc orange sur la figure 3) présent dans le langage de programmation Scratch, préalablement à l'activité numérique.

La présentation de la séquence comporte des éléments narratifs qui visent à faire le lien avec le jeu des tours et à introduire le personnage du robot qui sera utilisé dans la séquence numérique ainsi que les règles du jeu.

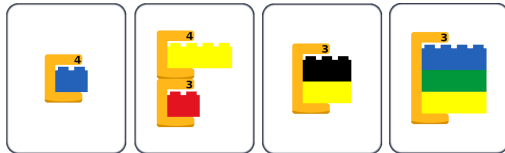


Figure 3 • Exemples de cartes du jeu « Le langage du robot »

Il s'agit d'un jeu collaboratif par équipe de trois à cinq dont le but est de construire des tours qui correspondent au message contenu sur une carte qui est fournie à l'équipe. Il est demandé que chaque élève construise une tour, mais pour gagner, il est nécessaire que toutes les tours construites par l'équipe soient identiques. Cette règle, qui rend le jeu collaboratif, invite les élèves à échanger entre eux sur la signification du message et à s'aider mutuellement. La validation est faite par l'équipe, en présence de l'expérimentatrice, en comparant les productions de l'équipe avec un modèle. Pour ce jeu, la phase de bilan a donc lieu au sein de l'équipe. L'objectif de celle-ci est de construire progressivement la

signification du bloc de répétition à partir des réussites et erreurs des élèves.

Chaque carte est composée de deux types d'éléments graphiques, dont l'univers d'origine est différent. Les briques de construction sont représentées schématiquement. Pour cette représentation, de « *type iconique* » (Pierce, 1965, p. 143), une correspondance visuelle directe avec l'objet représenté est conservée. Chaque carte porte aussi une représentation de « *type symbolique* » (Pierce, 1965, p. 167-168) du processus de répétition. Cette représentation ressemble à celle de l'élément de langage Scratch : la couleur orange et la forme ont été conservées, ainsi que l'écriture chiffrée du nombre d'itérations. En revanche, tous les éléments textuels ont été supprimés, ce qui rend cette représentation plus épurée et plus adaptée à des non-lecteurs.

### 3.4.3. Séquence 3 : Activité connectée « MOTIF ART - frises colorées »

Après deux activités débranchées, les élèves basculent sur une activité connectée sur tablette numérique avec l'environnement MOTIF ART. C'est un environnement de programmation épuré, dans un langage simplifié issu de Scratch (figure 4). Seuls des blocs codant les couleurs et le bloc de répétition sont disponibles. L'exécution d'une instruction (bloc d'action de coloriage) provoque le coloriage de la case courante et le déplacement automatique du robot d'une case vers la droite ou un retour à la ligne. Les cases sont donc automatiquement traitées dans un ordre qui correspond au sens de la lecture. Le fait de lier l'action de coloriage de la case où se trouve le robot, avec un déplacement vers la droite permet d'occulter les difficultés liées au repérage dans l'espace qui peuvent survenir avec un robot ou le déplacement d'un élément sur un quadrillage. Pour des raisons techniques, il n'était pas possible de présenter le modèle de coloriage et le résultat sous une forme verticale qui aurait rappelé la tour verticale et l'empilement des blocs de la partie droite. Si cela peut potentiellement poser problème à certains élèves, cette configuration présente néanmoins l'avantage d'éviter que les élèves ne reproduisent le modèle par une simple correspondance terme à terme.

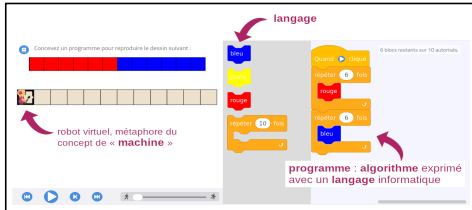


Figure 4 - Description des composants de l'environnement MOTIF ART

Un bouton « lecture » permet à l'utilisateur de lancer l'exécution de son programme. L'exécution est jouée sur l'interface, avec une correspondance entre la case traitée et l'instruction exécutée qui est placée en surbrillance. Un mode pas à pas, qui permet d'exécuter une instruction à la fois, apporte un retour à l'élève. Il vise à faciliter le repérage et la correction des erreurs en autonomie (débugage).

L'interface a déjà été utilisée lors de l'étude exploratoire mais a été adaptée pour la rendre accessible aux non lecteurs. Ainsi, chaque bloc est de la couleur qu'il code, facilitant l'utilisation des éléments de ce langage formel simplifié.

L'objectif de la séquence est d'amener les élèves à identifier un motif redondant sur une séquence linéaire de couleurs et d'exprimer cette répétition de manière synthétique en utilisant le bloc *répéter*. Pour chaque problème, appelé « puzzle » dans ce contexte, la tâche de l'élève est donc de concevoir un programme afin de reproduire une frise colorée présente à l'écran.

Cette séquence s'appuie sur la progression pédagogique expérimentée lors de l'étude exploratoire, organisée en paliers matérialisés par les fonds colorés (figure 5). Le nombre de blocs pour concevoir le programme est limité, ce qui contraint l'utilisation du bloc *répéter* afin de réussir chaque puzzle.

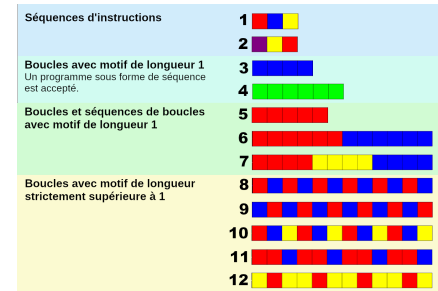


Figure 5 - Étapes conceptuelles de la progression pédagogique : séquence d'instructions simples, répétition avec une seule puis plusieurs instructions dans le corps de la boucle

La frise colorée peut être vue comme une tour couchée et est présentée comme telle aux élèves pour faire le lien avec l'activité débranchée. De plus, les briques de construction restent disponibles pour le cas où l'élève a besoin de refaire la manipulation de déconstruction de la tour pour identifier le motif redondant.

#### 3.4.4. Séquence 4 : Activité connectée « MOTIF ART - mode créatif »

Dans cette activité, l'élève est libre de concevoir un programme dont l'exécution produit son propre dessin (figure 6). Dans un premier temps l'élève colorie complètement une grille de papier avec les couleurs qu'il souhaite. Dans un second temps, l'objectif consiste à reproduire le coloriage réalisé à l'écran en concevant un programme adéquat. Comme pour les frises de la section précédente, le déplacement du robot virtuel sur la grille, et en particulier le retour à la ligne, est géré automatiquement par le système. La grille est parcourue ligne par ligne, comme pour la lecture d'un texte.

Cette activité est mobilisée dans deux contextes différents : soit en limitant le nombre de blocs du programme afin de forcer l'usage de la répétition, soit sans imposer cette limite. Des grilles de différentes tailles sont proposées aux élèves (4x4, puis 6x6 et finalement 12x12). Par



exemple, dans le cas de la grille 6x6 pour le mode avec nombre limité de blocs, seuls 20 blocs sont disponibles pour remplir les 36 cases.



**Figure 6 · L'interface de l'activité créative de MOTIF ART**

#### 4. Résultats de l'expérimentation

##### 4.1. Activité du jeu des tours

La séquence du jeu des tours est jouée avec les quatre groupes, soit les 32 élèves présents lors de la première séance. La mise en place du jeu est aisée, les consignes sont bien comprises et respectées, les élèves s'investissent dans l'activité.

Lors de la première itération de la phase de jeu, sur l'ensemble des 16 binômes (répartis sur les quatre groupes d'élèves), un seul réussit à reproduire la tour modèle. Dans chacun des quatre groupes, on couvre quasiment l'ensemble des types d'erreurs possibles (répertoriés sur la figure 7 avec le nombre d'occurrences). Certaines tours contiennent plusieurs types d'erreurs. Tous les binômes produisent une tour avec une alternance de couleurs, sauf dans un cas où le constructeur a joué avec les briques sans construire de tour.

	MODÈLE correctement reproduit	ERREURS			
		Différence de hauteur	Type de brique différent	Ordre du motif inversé	Couleurs différentes du modèle
Productions des élèves					
Nombre d'occurrences	1	9	7	6	3

**Figure 7 · Analyse des erreurs observées lors du « jeu des tours »**

La phase collective qui suit, après confrontation de la tour produite avec la tour modèle, permet l'explicitation des erreurs et fait émerger la notion « d'information utile ». Il ressort de cette phase collective une liste d'informations utiles à identifier par le messageur et à transmettre au constructeur : modèle de briques, couleurs utilisées, nombre de briques de la tour, ordre des briques. Une deuxième itération du jeu se déroule avec des tours qui comportent des motifs de longueur 3, sauf pour un des groupes, plus en difficulté dans le repérage des informations utiles lors de la phase collective, et pour lequel nous sommes restés sur un motif de longueur 2. Pour les trois groupes pour lesquels le temps de séance restant a permis une seconde itération du jeu, huit binômes sur les treize réussissent à reproduire la tour modèle.

La plupart des messages contiennent les informations précises qui permettent aux élèves de réussir la tâche. Voici un exemple de message relevé, qui correspond à la description de la tour du milieu (figure 3) : « Tu prends des briques avec 4 « pitons »... des rouges, des bleues et des jaunes. Tu mets une jaune, rouge, une bleue, jaune, une rouge, une bleue. Tu fais ça jusqu'à 12. ». Cependant, on remarque dans ce message que l'élève n'isole pas le motif. Le constructeur reproduit une frise où il s'agit de continuer

**Sticef – Vol. 28, n°3 - 2021**  
**Technologies pour l'apprentissage de l'Informatique**  
**de la maternelle à l'université**

une suite logique. De ce fait, c'est le nombre total de briques qui est indiqué et non le nombre de motifs.

Amener à isoler et dénombrer les motifs par la manipulation décrite à la fin de la section 3.4.1 est l'objectif de la phase collective qui suit immédiatement le jeu. Dix-neuf élèves sur les 26 qui ont participé à l'activité réussissent la manipulation (tableau 1). Les autres ont cassé leur tour pour retrouver les briques initiales. Le terme « motif » est introduit pour désigner un des morceaux obtenus. Les élèves sont alors invités à compter le nombre de motifs, ce qui est très concret puisque ce nombre de motifs correspond au nombre de morceaux. Ainsi, cette manipulation de déconstruction de la tour permet d'introduire de manière débranchée les notions de motifs et de répétition, avant de les aborder dans un environnement de programmation simplifié.

**Tableau 1 - Synthèse des résultats lors des différentes phases de la séquence du « jeu des tours »**

	Nombre d'élèves	Mode de groupement	Réussite
Jeu - Itération 1	32	Binôme	1/16
Jeu - itération 2	32	Binôme	8/13
Manipulation - Identification du motif	26	Individuel	19/26

L'analyse nous permet de conclure que la séquence du jeu des tours est pertinente chez ces élèves de 5-6 ans pour introduire des éléments que nous identifions comme relevant de la pensée informatique. Ils ont été initiés à la notion « d'information utile », à la nécessaire précision et à la non-ambiguïté de ces informations. Cette étape prépare l'introduction d'un premier langage formel afin de communiquer avec une machine. Finalement, la séquence introduit l'identification de motifs redondants et leur dénombrement, ce qui constitue une première étape pour l'introduction de la notion de répétition.




**4.2. Activité du jeu de cartes « Le langage du robot »**

Pour l'ensemble des groupes, neuf équipes de 3 à 4 élèves ont été constituées. L'ensemble des élèves entre dans le jeu et tente de décoder le message qui est sur la carte pour construire une tour. Quelques élèves ne

**Marielle LEONARD, Yvan PETER, Yann SECQ, Julian ALVAREZ, Cédric FLUCKIGER**

font de manière individuelle sans tenir compte de la règle de collaboration. À quelques exceptions près, les élèves échangent sur la signification du message et se coordonnent pour la construction de la tour. Le tableau 2 reprend les observations et quelques commentaires entendus pendant l'activité.

**Tableau 2 - Observations réalisées lors de la phase de décodage**

 <p>Répétition avec motif de longueur 1</p>	<p>Les élèves s'inscrivent rapidement dans l'activité. Pas de remarques particulières.</p> <p>Toutes les équipes réussissent facilement.</p>
 <p>Séquence de répétition avec motif de longueur 1</p>	<p>Quelques élèves produisent une alternance de couleurs (jaune, rouge, jaune, rouge...), interprétant le message en se référant au « jeu des tours ». La régulation se fait au sein de l'équipe : « Ça ne peut pas, il n'y a pas pareil de briques » ; « Tu vois le premier crochet c'est que pour les rouges et l'autre c'est que pour les jaunes ».</p> <p>Finalement, pour ce type de carte encore, l'ensemble des équipes réussit.</p>
 <p>Répétition avec un motif de longueur 2</p>	<p>Dans ce cas, la signification du message a été plus difficile à appréhender. Environ la moitié des élèves ne tient pas compte de la différence avec la carte précédente et produit une tour avec deux zones de couleur. Pour trois équipes, c'est la confrontation avec la tour modèle et l'étayage de l'adulte qui conduisent à comprendre l'erreur. Dans les autres équipes, les échanges entre élèves aboutissent à la solution correcte. « Ça, on l'a déjà fait, c'était l'autre carte, là c'est pas pareil, les Lego ils sont collés », « C'est comme le morceau, quand on a cassé les tours, il faut mettre 3 morceaux comme ça. » sont des arguments qui ont entraîné une évolution de l'équipe vers la construction de la tour attendue. Seule la moitié des équipes réussit la reconstruction de la tour. On retrouve de nouveau le palier identifié dans les expériences sur des élèves plus âgés (5-6 ans et 8-10 ans) se produisant lors du passage d'un motif de longueur 1 à un motif de longueur 2.</p>

Les élèves passent d'une description verbale lors du jeu des tours au décodage de quelques éléments visuels d'un langage formel très simple lors de ce jeu de cartes. Seul le sens du décodage est abordé. C'est la mobilisation de ce bloc « répéter » au sein de l'environnement MOTIF

ART lors de l'activité suivante qui nous renseignera sur le sens de l'encodage, c'est-à-dire sur l'identification et la synthèse de motifs redondants.

#### 4.3. Problèmes rencontrés lors de l'introduction de l'environnement MOTIF ART et évolutions du scénario ludopédagogique

Pour un problème de logistique, seul un groupe de 9 élèves a bénéficié de la séance longue et s'est vu proposer la séquence MOTIF ART sur tablette lors de la première séance, comme prévu dans le scénario ludopédagogique initial.

Le déroulement de cette séquence nous a permis de relever un ensemble de problèmes. Pour pallier les difficultés recensées, nous avons revu plusieurs éléments du scénario ludopédagogique avant d'aborder la deuxième séance :

- Lors de la présentation du parcours MOTIF ART, il semble que l'ensemble des élèves du groupe comprend que la frise colorée à l'écran correspond à la tour de l'activité précédente, mais le curseur qui marque la position de la case à peindre sur la frise (figure 6) n'est pas mis en relation avec le rôle de constructeur. Il manque une évocation de la machine plus explicite. Une modification a consisté à remplacer ce curseur par un robot peintre. Le but de l'élève devient « *faire peindre au robot la même frise que le modèle* ». Ce robot virtuel anthropomorphe est une représentation métaphorique du concept de « machine » (figure 4) au sens de Dowek (Dowek, 2011), qui en facilite une première approche par les élèves de 5-6 ans.

- L'introduction du bloc répéter concomitante à la prise en main de l'interface est trop difficile. Même les élèves, qui ont réussi à identifier un motif dans le jeu des tours, ne semblent pas être en mesure de réinvestir cette compétence. Le jeu de carte « Le langage du robot » a donc été introduit en préalable à la séquence du parcours frises colorées de MOTIF ART (voir section 4.2)

- Le premier puzzle, dont la frise à reproduire comportait 12 cases de couleur identiques, nécessitait de dénombrer jusque 12 et de connaître l'écriture chiffrée de ce nombre, compétences qui se situent en limite du domaine numérique maîtrisé par la plupart des élèves de cet âge. Seuls quelques élèves ont réussi au moyen d'un étayage important. Ce qui n'était pas probant. Une série de puzzles plus faciles a donc été ajoutée au

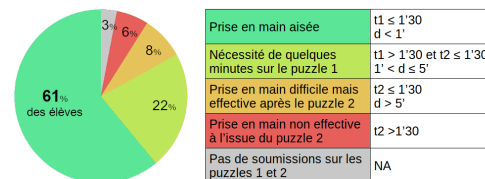
début du parcours, pour assurer la prise en main de l'environnement avant d'aborder la répétition, objet principal de notre étude.

L'analyse des traces numériques collectées a confirmé ces observations *in situ*. Le temps de prise en main de l'EIAH est relativement long lors de cette introduction de MOTIF ART avec la première version du scénario pédagogique : le temps moyen passé sur les deux premiers puzzles est respectivement de 8,17min et 8,09min, ce qui indique une entrée dans l'activité trop difficile.

#### 4.4. Analyse des traces d'activités des élèves sur MOTIF ART

Pour évaluer si les modifications apportées rendent l'environnement plus accessible aux élèves de 5-6 ans, nous cherchons à estimer le temps de prise en main de l'environnement MOTIF ART par les 36 élèves lors de la séance 2 (figure 8). Pour cela, nous prenons en considération le temps passé sur le puzzle 1 (t1), le puzzle 2 (t2) et la différence entre les temps passés sur les puzzles 1 et 2 (d).

Lors de cette séance, 83% des élèves prennent en main l'interface en moins de 5 minutes. On en déduit que les adaptations apportées à l'environnement MOTIF ART le rendent accessible aux élèves de 5-6 ans.



**Figure 8 · Prise en main de l'environnement MOTIF ART lors de la séance 2**

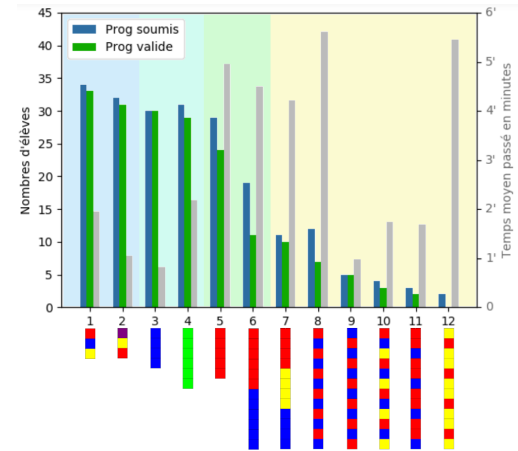
Nous considérons maintenant l'activité des élèves sur l'ensemble du parcours frises colorées de MOTIF ART pendant la séance 2. Le temps passé sur le parcours est d'environ 20 minutes, avec une variation de plus ou moins 5 minutes suivant les groupes.

Nous analysons les traces numériques de l'activité afin d'appréhender si le scénario ludopédagogique proposé permet aux élèves de s'initier aux notions de séquence d'instructions et de répétition.

La figure 9 montre le nombre d'élèves qui ont abordé chaque puzzle (en bleu) et parmi eux le nombre d'élèves qui ont réussi à résoudre le problème (en vert), et enfin le temps moyen passé sur chaque puzzle (en gris).

Les résultats pour les puzzles 1 à 4 montrent que la séquence de quelques instructions est accessible à quasiment l'ensemble des élèves de ce groupe.

À partir du puzzle 5, le nombre de blocs disponibles est limité, pour contraindre l'utilisation du bloc « répéter ». En cas de dépassement du nombre de blocs autorisé, un message clignote en rouge sur l'écran. Comme les élèves ne savent pas lire, l'expérimentatrice a explicité la signification de ce message. Ce passage à la boucle simple (une instruction dans le corps de la boucle), constitue un premier palier de difficulté. Vingt-quatre élèves, soit deux tiers d'entre-eux, valident le puzzle. Le temps moyen passé sur ce puzzle 5 augmente significativement. Le puzzle 6, qui introduit la séquence de boucles simples, n'est réussi que par un tiers des élèves. Sept élèves abordent le puzzle sans le valider. Nous sommes en présence d'un deuxième palier de difficulté. Peu d'élèves abordent la boucle avec un motif de longueur supérieure à deux (à partir du puzzle 8) lors de cette séance. Pour ces élèves, on observe un troisième palier de difficulté, avec un temps moyen passé sur le puzzle qui augmente à nouveau.



**Figure 9 - Nombre d'élèves, parmi les 36, ayant soumis (bleu) et validé (vert) un programme pour chaque puzzle et temps moyen passé (gris)**

Nous retrouvons les paliers de difficulté déjà identifiés lors des expérimentations Chicode (Peter *et al.*, 2019) et MOTIF.MOTIF. 6-7 ans (Léonard *et al.*, 2020) quel que soit le parcours utilisé.

#### **4.5. Analyse des productions réalisées lors de l'activité créative**

La même activité créative a été proposée deux fois aux élèves, lors de la dernière séance d'apprentissage, puis un mois plus tard. Chaque séance a duré entre 35 et 45 minutes, suivant les groupes, et a été divisée en deux phases : le coloriage d'une grille papier dans le but de faire programmer son propre dessin au robot, puis la programmation de ce dessin dans l'environnement MOTIF ART.

Lors de la séance 3, le nombre de blocs est limité, ce qui contraint l'utilisation du bloc « répéter » pour réussir à remplir la grille. Une

**Sticef – Vol. 28, n°3 - 2021**  
**Technologies pour l'apprentissage de l'informatique**  
**de la maternelle à l'université**

première grille de taille 4x4 est fournie aux élèves. Ceux qui ont fini rapidement ont réitéré l'activité sur une grille de taille 6x6. Lors de la séance différée, il s'agit d'appréhender si les élèves remobilisent la répétition. L'activité a lieu avec une grille de taille 6x6 et la limitation du nombre de blocs a été enlevée, seule différence entre les deux séances.

Le tableau 3 ci-dessous analyse finement le type de remobilisation des concepts entre la séance 3 et la séance 4 portant sur l'activité créative. Il se lit de la manière suivante : parmi les onze élèves ayant utilisé, en séance 3, un motif de longueur >1, trois l'ont remobilisé en séance 4 (nombre en vert), un a tenté sans y parvenir (nombre en rouge), quatre ont remobilisé un motif de longueur =1, etc.

**Tableau 3 · Type de remobilisation spontanée des notions entre la séance 3 (en ligne) et la séance 4 (en colonne)**

	Validé en séance 3	motif>1 séance 4	motif=1 séance 4	séquence séance 4
motif>1	11	3 / 1	4 / -	1 / 2
motif=1	13	- / 2	6 / 2	2 / 1
séquence d'instructions	1		- / 1	
	25	3 / 3	10 / 3	3 / 3

On observe la répartition suivante de remobilisation des concepts :

- 19 élèves remobilisent la notion de répétition, soit 73% d'entre eux.
- 13 élèves qui ont remobilisé la répétition ont réussi à reproduire le coloriage qu'ils avaient réalisé, soit 52% des participants. Parmi ceux-ci, 3 ont utilisé une répétition avec un motif de longueur supérieure à 1, soit 12% des participants.
- Fait intéressant : 2 élèves qui n'avaient pas atteint les motifs de longueur supérieure à 1 ont tenté leur usage lors de la séance différée.

Ces informations permettent d'affirmer qu'une remobilisation de la notion de répétition a été réalisée pour la moitié de l'effectif, ce qui est un résultat notoire. On constate de nouveau le palier de difficulté qui a été identifié lors des précédentes expérimentations lors du passage d'une à plusieurs instructions dans le corps de la boucle. Néanmoins, à l'issue de cette progression pédagogique, environ 1 élève de 5-6 ans sur 10 a franchi ce palier de difficulté dans ce contexte sans repérage spatial.

**Marielle LEONARD, Yvan PETER, Yann SECQ, Julian ALVAREZ,**  
**Cédric FLUCKIGER**

**5. Appropriation des activités par des enseignants**  
**dans le cadre d'une action de formation continue**

Le scénario ludopédagogique décrit dans les sections précédentes a été adapté dans le cadre d'une formation continue à destination d'enseignants et enseignantes d'école maternelle. Ce module a été réalisé pour le compte de la Maison pour la Science Nord Pas-de-Calais entre septembre 2019 et juin 2020 dans le cadre d'une action territoriale impliquant la circonscription de Condé-sur-Escaut. Cela représente une soixantaine de professeurs des écoles répartis sur les cycles 1, 2 et 3.

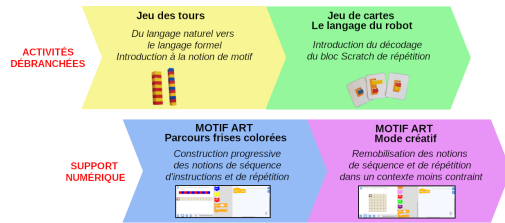
L'objectif de la formation était avant tout de faire évoluer les représentations biaisées de l'informatique, d'introduire les concepts structurants de l'informatique et de proposer des activités déjà testées avec des élèves de leur niveau afin de leur en faciliter l'appropriation.

Pour ce module, nous mettons en œuvre la démarche d'investigation portée par cette structure affiliée à la Fondation *La main à la pâte*. Après un recueil et un classement des représentations initiales sur l'informatique qui visent à démystifier le domaine, nous mettons les enseignants en situation d'expérimenter les séquences destinées à leurs élèves, soit à l'identique, soit avec une autre modalité. Par exemple, le passage d'informations pour le jeu des tours se fait à l'écrit, afin d'analyser a posteriori la pertinence des informations transmises. Cette investigation des activités est enrichie par un éclairage sur les concepts en jeu dans l'activité en cours et dans le scénario ludopédagogique à destination des élèves.

Nous pensons que l'introduction des concepts piliers de l'informatique (Dowek, 2011) d'abord en situation, de manière contextualisée, puis l'invitation à se replacer ensuite dans une posture réflexive qui prend en compte la transposition vers une pratique de classe, est de nature à favoriser l'appropriation des séquences proposées.

Ce module de formation continue de 9 heures a été déployé à l'échelle d'une circonscription. Il comporte trois phases. Lors d'une première séance de trois heures de formation en présentiel, les enseignants et enseignantes expérimentent le scénario *MOTIF.. 5-6 ans* dans le cadre de leur propre formation (figure 10).

**Sticef – Vol. 28, n°3 - 2021**  
**Technologies pour l'apprentissage de l'Informatique**  
**de la maternelle à l'université**



**Figure 10 • Scénario MOTIF..MOTIF.**

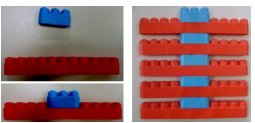
Trois autres heures sont réservées pour la préparation, la mise en place et un retour d'expérience d'une séquence d'initiation à la pensée informatique dans leur classe. Les trois dernières heures, à nouveau en présentiel, sont consacrées à la présentation des retours d'expériences et à leur discussion entre collègues et avec les formateurs et formatrices. Dans le même esprit que la première, cette séance est complétée par une investigation des séquences proposées aux élèves d'école élémentaire (expérimentation *Chitcode*).

Lors de la phase de retour d'expériences, nous avons recueilli des traces d'activités : fiches de préparation, photos d'élèves en activité. Celles collectées auprès de la vingtaine d'enseignants et enseignantes de cycle 1 (tableau 4) portent sur la reconstruction d'un objet ou la recherche de motifs différents. Du matériel courant dans les classes de maternelle a été mobilisé : jeux de construction, autres jeux pédagogiques détournés de leur usage prescrit. Ces traces montrent une appropriation des séquences d'activités débranchées sur la notion de motif, même avec des élèves encore plus jeunes que ceux qui ont participé à l'expérimentation analysée précédemment. En revanche, les séquences avec support numérique, n'ont pas été remobilisées. Questionnés à ce sujet, les enseignants et enseignantes nous ont rapporté un équipement insuffisant ou obsolète et une connexion à internet de mauvaise qualité.

**Marielle LEONARD, Yvan PETER, Yann SECQ, Julian ALVAREZ,**  
**Cédric FLUCKIGER**

**Tableau 4 • Traces des activités réalisées par les professeurs des écoles avec leur classe entre les deux séances en présentiel de la formation**

Nature de l'activité	Âge (classe)	Matériel utilisé
Reproduire un objet sans voir le modèle. Rechercher des motifs différents à partir d'éléments de départ identiques	3-4 ans (petite section)	
	3-4 ans (petite section)	
	4-5 ans (moyenne section)	
Reproduire un modèle à partir de motifs déjà construits à choisir parmi un ensemble	4-5 ans (moyenne section)	
Identifier un motif dans une œuvre d'art, l'isoler et le reproduire	4-6 ans (moyenne et grande section)	
Rechercher des motifs différents à partir des mêmes éléments, répéter un motif pour reproduire une structure à l'identique	5-6 ans (grande section)	

Produire un motif, puis le répéter à l'identique	5-6 ans (grande section)	
--	--------------------------	---

### 6. Conclusion et perspectives

La réintroduction d'éléments d'informatique dans l'ensemble des cycles scolaires en France présente d'importants défis sur la formation des enseignants et la création de séquences pédagogiques pour les élèves des différents niveaux. Cet article présente les travaux que nous menons afin de répondre en partie à ces problématiques en proposant une démarche conjointe de création de scénario ludopédagogique d'initiation à l'informatique pour de jeunes élèves et de formation de leurs enseignants et enseignantes.

Nous nous interrogeons particulièrement sur la capacité des élèves de 5-6 ans à s'approprier la notion de répétition et sur les activités, débranchées et numériques, susceptibles de supporter efficacement cet apprentissage. Nous nous sommes également intéressés à l'appropriation d'une telle séquence pédagogique par les enseignants et enseignantes.

Le scénario ludopédagogique présenté s'adressait à des élèves non-lecteurs âgés de 5 à 6 ans et avait pour objectif de les initier au raisonnement algorithmique de base : les notions de langage formel, de séquence d'instructions et un focus particulier sur la notion de répétition. Lors de cette initiation, nous avons occulté les aspects spatiaux, difficulté identifiée dans des travaux précédents, afin de concentrer l'activité sur le développement de la capacité de reconnaissance de motifs visuels redondants. Pour cela, nous avons proposé un scénario ludopédagogique débutant par des activités débranchées, pour que les élèves découvrent les notions dans un contexte non-technique et avec un matériel connu. Puis, nous les avons exposés à un renforcement de ces notions dans un environnement simplifié de programmation en ligne. Le même type d'activité que celles réalisées en débranché y est repris mais nécessite l'encodage d'un algorithme dans un langage de programmation par blocs. La progression dans les problèmes à résoudre a débuté par de simples séquences d'instructions et s'est achevée sur des répétitions avec plusieurs instructions dans le corps de la boucle. Finalement, pour estimer

l'appropriation du concept de répétition, les élèves ont réalisé une dernière séance, différée dans le temps, qui portait sur une activité créative qui nous a permis de quantifier précisément les concepts qu'ils ont remobilisés spontanément.

En parallèle de cette expérimentation, une action de formation continue impliquant une soixantaine d'enseignants et enseignantes du premier degré a été réalisée afin de les initier aux mêmes bases et de leur donner la possibilité de mettre en œuvre les séquences proposées. Leurs retours d'expérience ont conduit à faire évoluer les activités et les supports. Cette démarche est nécessaire afin d'optimiser l'appropriation des concepts fondamentaux par les enseignants et enseignantes et faciliter la mise en œuvre des activités dans les classes. Ainsi, la formation ancre les concepts fondamentaux proposés par Dowek *et al*, en insistant sur l'importance du langage et les met en confiance avec un scénario ludopédagogique éprouvé et évoluant en fonction de leurs retours.

Les résultats d'analyse des observations réalisées en milieu écologique et des traces d'activité des élèves sur la plateforme sont significatifs et indiquent une appropriation du concept de répétition attestée par la remobilisation spontanée de répétitions lors de l'activité créative pour la moitié de l'effectif. Au niveau des enseignants et enseignantes formés, les retours attestent d'une réelle appropriation et de mises en œuvre originales et pertinentes, ce qui illustre leur compréhension des apprentissages fondamentaux en jeu lors des séquences proposées.

La prochaine étape consisterait à observer et collecter les résultats obtenus par les élèves guidés par leurs enseignants au regard de leurs propres séquences ludopédagogiques. Ce travail, entravé en 2020 par la crise sanitaire, sera mené prochainement.

Aussi, un travail important reste à réaliser au niveau de la mesure plus précise en amont et en aval des compétences algorithmiques des élèves. Les expérimentations menées avec les pré-tests et post-test n'ont pas été concluantes, mais ont permis d'aboutir à l'ajout de la séance différée avec l'activité créative qui fournit, malgré tout, des résultats intéressants. Le faible effectif et l'absence de groupe témoin est aussi une préoccupation qui nous incite à nuancer les résultats obtenus. Cependant, nous disposons maintenant d'une séquence éprouvée nous permettant de préparer une expérimentation à plus large échelle afin de confirmer ou infirmer les premiers résultats détaillés dans cet article.

## REMERCIEMENTS

Ce travail est soutenu par le projet Interreg Teach Transition (<https://teachtransition.eu>) et par l'INSPÉ Hauts de France. Nous tenons aussi à remercier l'association France-IOI pour la mise à disposition de la plate-forme, l'ensemble des acteurs et actrices institutionnelles (enseignants et enseignantes, ERUN, conseillères pédagogiques, inspecteurs et inspectrices), ainsi que l'ensemble des élèves ayant participé à ces activités.

## RÉFÉRENCES

- Aggarwal, A., Gardner-McCune, C. et Touretzky, D. S. (2017). Evaluating the effect of using physical manipulatives to foster computational thinking in elementary school. Dans *Proceedings of the 2017 ACM SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education - SIGCSE'17* (p. 9-14). <https://doi.org/10.1145/3017680.3017791>
- Alvarez, J. (2018). La ludopédagogie. *Lectures.Cultures*, 10, 29-31.
- Alvarez, J., Bellegarde, K., Flahaut, J.-J. et Lafouge, T. (2018, juillet). *Blue Bot Project Experiment* (communication orale). 8th International Toy Research Association World Conference. <https://hal-univ-paris3.archives-ouvertes.fr/hal-02090864>
- Bellegarde, K., Boyaval, J. et 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). <https://pasitheelibrary.upatras.gr/review/article/view/3105>
- Boychev, P. (2014). *Logo Tree Project*. Studylib.Net. <https://studylib.net/doc/5691847/logo-tree-project>
- Brackmann, C. P., Román-González, M., Robles, G., Moreno-León, J., Casali, A. et Barone, D. (2017). Development of computational thinking skills through unplugged activities in primary school. Dans *Proceedings of the 12th Workshop on Primary and Secondary Computing Education - WIPSC'17* (p. 65-72). <https://doi.org/10.1145/3137065.3137069>
- Catlin, D. et Blamires, M. (2019). Designing Robots for Special Needs Education. *Technology, Knowledge and Learning*, 24(2), 291-313. <https://doi.org/10.1007/s10758-018-9378-8>
- Catlin, D. et Woollard, J. (2014). Educational robots and computational thinking. Dans *Proceedings of the Robotics in Education (RIE) 2014 Conference*. <https://eprints.soton.ac.uk/365505/>
- Denis, B. (1987). Technologie de contrôle et LOGO: la robotique, ses enjeux, ses modalités. *Éducation : Tribune Libre*, 208, 61-67.
- Dowek, G. (2011). Les quatre concepts de l'informatique. Dans *Actes du colloque Sciences et technologies de l'information et de la communication en milieu éducatif: Analyse de pratiques et enjeux didactiques* (p. 21-29). <https://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00676169/document>

Drot-Delange, B., Pellet, J. P., Delmas-Rigoutsos, Y. et Bruillard, É. (2019). Pensée informatique : points de vue contrastés. *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation*, 26(1), 39-61. <http://sticef.org/num/vol2019/26.1.drot-delange/26.1.drot-delange.htm>

Hochet, Y. (2013). *Evaluer le Serious Gaming : L'expérience autour de Sim City, e-virtuoses 2013*, Valenciennes, France.

Jarvinen, E.-M. (1998). The Lego/Logo Learning Environment in Technology Education: An Experiment in a Finnish Context. *Journal of Technology Education*, 9(2), 47-59.

Keymeulen, R. (2016). La ludopédagogie : que se cache-t-il derrière ce terme ? *Blogue Intelligences multiples*.

Komis, V. et Misirli, A. (2011). Robotique pédagogique et concepts préliminaires de la programmation à l'école maternelle : Une étude de cas basée sur le jouet programmable Bee-Bot. Dans *Actes du colloque Sciences et technologies de l'information et de la communication en milieu éducatif : Analyse de pratiques et enjeux didactiques* (p. 271-281). <https://edutice.archives-ouvertes.fr/edutice-00676143>

Komis, V., Touloupaki, S. et Baron, G.-L. (2017). *Une analyse cognitive et didactique du langage de programmation Scratch Jr*. Presses Universitaires de Namur.

Krumholtz, N. (1998). Simulating Technology Process to Foster Learning. *Journal of Technology Studies*, 24(1), 6-11.

Léonard, M., Peter, Y. et Secq, Y. (2020). Reconnaissance et synthèse de motifs redondants avec des élèves de 6-7 ans MOTIFS.MOTIFS. 3 x MOTIFS. 3 x MOTIFS. Dans *Actes du colloque DIDAPRO 8-DIDASTIC- L'informatique, objets d'enseignements enjeux épistémologiques, didactiques et de formation*. <https://hal.univ-lille.fr/hal-02971775>

Lurçat, L. (1979). L'enfant et l'espace : le rôle du corps. PUF.

Nogry, S. (2019). Robotique pédagogique à l'école primaire : Quelle activité des élèves de Classe Préparatoire (6-7 ans) et quels apprentissages dans une séquence conçue par l'enseignant ? *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 13(1), 93-110. <https://doi.org/10.26220/rev.3121>

Ocko, S. et Resnick, M. (1987). Integrating LEGO with LOGO. Making connections with computers and children. The Media Laboratory, MIT.

Olmo-Muñoz, J., Cózar-Gutiérrez, R. et González-Calero, J. A. (2020). Computational thinking through unplugged activities in early years of Primary Education. *Computers & Education*, 150, 103832. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103832>

Papert, S. (1980). *Mindstorms : Children, computers, and powerful ideas*. Basic Books, Inc.

Peter, Y., Léonard, M. et Secq, Y. (2019). Reconnaissance de Motifs et Répétitions : Introduction à la Pensée Informatique. Dans *Actes du colloque Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain*. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02151035>

Pierce, C. S. (1965). *Collected Papers II*. Harvard University Press.

Romero, M., DufLOT-Kremer, M. et Viéville, T. (2018). Le jeu du robot : Analyse d'une activité d'informatique débranchée sous la perspective de la cognition incarnée. *Review of science, mathematics and ICT education*, 13(1), 35-49. <https://hal.inria.fr/hal-01950335>



**Sticef – Vol. 28, n°3 - 2021**  
**Technologies pour l'apprentissage de l'Informatique  
de la maternelle à l'université**

Romero, M., Lille, B., Viéville, T., Duflot-Kremer, M., de Smet, C. et Belhassein, D. (2018). Analyse comparative d'une activité d'apprentissage de la programmation en mode branché et débranché. Dans *Actes de Educode - Conférence internationale sur l'enseignement au numérique et par le numérique*. <https://hal.inria.fr/hal-01861732>

Saxena, A., Lo, C. K., Hew, K. F. et Wong, G. K. W. (2020). Designing Unplugged and Plugged Activities to Cultivate Computational Thinking: An Exploratory Study in Early Childhood Education. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 29(1), 55-66. <https://doi.org/10.1007/s40299-019-00478-w>

Touloupaki, S. et Baron, G.-L. (2019). Apprendre à programmer à l'école primaire ? Une approche exploratoire en cycle 2. Presses Univ. Septentrion.

Wing, J. M. (2006). Computational Thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>