

DIDAPRO 9

**L'informatique, objets
d'enseignement et d'apprentissage.
Quelles nouvelles perspectives pour
la recherche ?**

18-20 mai 2022 Le Mans, France

<https://www.didapro.org/9/>

Actes du colloque

édités par Christophe DECLERCQ,
Jérôme LEHUEN, Pascal LEROUX,
Valérie RENAULT, Arnauld SEJOURNE

Le colloque DIDAPRO 9 est organisé par le CREN,
l'INSPE de l'académie de Nantes et Le Mans Université
en partenariat avec l'Académie de Nantes et
l'INSPE de l'académie de la Réunion

Préface

La neuvième édition du colloque Didapro confirme et amplifie la tendance amorcée avec les deux éditions précédentes du colloque, d'un retour de l'informatique en tant qu'objet d'enseignement - apprentissage. Les travaux présentés témoignent d'un renouveau des questions posées par la ré-introduction de l'informatique en tant que discipline scolaire dans les curricula de l'enseignement primaire et secondaire dans la communauté francophone.

Alors que les décennies précédentes avaient été marquées par un mouvement de balancier entre une informatique outil et une informatique objet d'enseignements, une synthèse semble s'opérer - dans le champ de la didactique de l'informatique - avec des travaux complémentaires dans le domaine du numérique et de l'informatique, qui se nourrissent mutuellement.

Cette édition du colloque a reçu vingt-deux propositions de communications, parmi lesquelles onze ont été acceptées pour présentation et publication dans les actes. De plus, six travaux en cours ont pu être présentés sous forme de posters.

Les communications ont été réparties en trois sessions. On peut en déduire quelques-unes des questions vives du colloque ainsi qu'à l'envers les thématiques moins abordées.

La session consacrée à l'éducation au numérique et aux ressources éducatives témoigne d'une imbrication croissante des recherches sur le numérique et sur l'informatique. Les auteurs des communications ont en effet proposé d'"ouvrir la boîte noire", que ce soit pour l'éducation à la sécurité, l'éducation aux données ou la problématique de l'enseignement de l'accessibilité web. Notons en particulier l'émergence de ce dernier thème dans la cadre de Didapro.

La session consacrée à l'analyse de l'activité et à la didactique de l'informatique a rassemblé des communications traitant d'analyse de l'activité des élèves ou des enseignants dans le cadre d'enseignement/apprentissage de la science informatique à l'école primaire ou au lycée. Les communications reposent chacune sur un ou des cadres théoriques explicités mais distincts d'une communication à l'autre, ce qui nous semble témoigner à la fois de la richesse des cadres théoriques mobilisables en didactique de l'informatique, et d'une absence à l'heure actuelle de cadre théorique unificateur pour une "didactique de l'informatique".

La session consacrée aux jeux et à l'apprentissage de l'informatique confirme l'importance de ce thème - déjà présent lors de la précédente édition du colloque - et peut-être sa généralisation. Les deux communications de 2020 portaient sur l'enseignement primaire, alors que lors de l'édition présente, deux des quatre communications portent sur l'enseignement au lycée.

Le programme scientifique du colloque a été complété par les contributions invitées de Pierre Eric Mounier-Kuhn, sur "La construction sociale d'une discipline académique : l'informatique", de Françoise Tort, sur "Évaluation automatique de savoirs et savoir-faire numériques. Questions et perspectives ouvertes par le dispositif PIX" et de Engin Bumbacher, sur "Nouveaux types d'évaluation pour mieux avancer la Pensée Computationnelle dans les écoles : Une approche prometteuse ou une impasse ?".

Par rapport aux thèmes annoncés du colloque, on note que les travaux se concentrent sur les pratiques d’enseignement/apprentissage ainsi que sur les ressources, dispositifs et environnements associés. On peut observer l’absence de communication sur les politiques publiques et l’analyse curriculaire.

L’étude des logiques des acteurs, bien que n’ayant pas fait l’objet de communication, a cependant été au coeur d’une des tables-rondes du colloque : “Les enseignants.e.s d’informatique au lycée : un nouveau groupe professionnel en quête d’identité et une communauté d’apprentissage en développement”.

De même, la formation des enseignants, n’a été abordée que lors de la table-ronde: “Quelles perspectives pour la recherche en didactique de l’informatique, quels usages en formation d’enseignants ?”. Nous espérons que ces débats pourront inspirer et préfigurer des travaux de recherche futurs.

Pour conclure, nous souhaitons souligner un indicateur précieux pour l’avenir et le développement de notre - relativement petite - communauté de recherche francophone en didactique de l’informatique. Six communications ont été présentées ou co-signées par des doctorantes ou doctorants en didactique de l’informatique, ce qui annonce un potentiel renouvellement et une ouverture de cette communauté.

Enfin nous remercions le laboratoire et les tutelles responsables de l’organisation : le CREN, Le Mans Université et l’INSPE de l’académie de Nantes ainsi que nos partenaires : l’académie de Nantes et l’INSPE de l’académie de la Réunion.

Le comité d’organisation.

Comité scientifique

- Jean-Pierre ARCHAMBAULT, Enseignement public et informatique
- Georges-Louis BARON, Université Paris Descartes
- Monique BARON, Sorbonne Université
- Jacques BEZIAT, Université de Caen Normandie
- Lætitia BOULC'H, Université Paris Descartes
- Pascale BRANDT-POMARES, Aix-Marseille Université
- Julien BROISIN, Université de Toulouse
- Eric BRUILLARD, ENS Paris-Saclay
- Pierre-André CARON, Université de Lille
- Thierry DANQUIGNY, Université de Lille
- Christophe DECLERCQ, INSPÉ de l'académie de la Réunion
- Emmanuel DESMONTILS, Université de Nantes
- Christian DEPOVER, Université de Mons
- Béatrice DROT-DELANGE, Université Clermont Auvergne
- Cédric FLUCKIGER, Université de Lille
- Monique GRANDBASTIEN, Université Poincaré, Nancy
- Julie HENRY, Université de Namur et Université de Liège
- Magali HERSANT, INSPÉ Nantes
- Vassilis KOMIS, Université de Patras
- Pascal LEROUX, Le Mans Université
- Philippe MARQUET, Université de Lille
- Mathieu MURATET, INSHEA
- Sandra NOGRY, Université de Cergy-Pontoise
- Gabriel PARRIAUX, HEP Vaud
- Jean-Philippe PELLET, HEP Vaud
- Yvan PETER, Université de Lille
- Christophe REFFAY, Université de Franche-Comté
- Valérie RENAULT, Le Mans Université
- Margarida ROMERO, INSPÉ de Nice
- Yann SECQ, Université de Lille
- Arnaud SEJOURNE, INSPÉ de l'académie de Nantes
- Françoise TORT, ENS Paris-Saclay
- Emmanuelle VOULGRE, Université Descartes Sorbonne Paris Cité
- Amel YESSAD, Sorbonne Université

Comité d'organisation

- Christophe DECLERCQ, INSPÉ de l'académie de la Réunion
- Jérôme LEHUEN, Le Mans Université
- Pascal LEROUX, Le Mans Université
- Valérie RENAULT, Le Mans Université
- Arnaud SEJOURNE, INSPÉ de l'académie de Nantes

Table des matières

Education au numérique et ressources éducatives

- Julie Henry, Alyson Hernalesteen, Anne-Sophie Collard : « Stop Hackers », un jeu de rôle pour éduquer les enfants à la cybersécurité de manière critique. 6
- Béatrice Drot-Delange, Françoise Tort : Les datasprints, un dispositif d'éducation aux données ? Une étude exploratoire via le cas de « Traces de Soldats ». 19
- Caroline Ladage, Mehdi Khaneboubi, Cécile Redondo : Les rapports aux ressources éducatives des enseignants en informatique dans les IUT en France. 29
- Béatrice Drot-Delange : Enseignement de l'accessibilité web et ressources pédagogiques. Le cas de la formation « Métiers du multimédia et internet » en IUT. 42

Analyse de l'activité et didactique de l'informatique

- Marie Valorge : Possibilités d'agir d'un environnement d'apprentissage de la programmation informatique à l'école primaire. 49
- Julien Bugmann, Morgane Chevalier, Jean-Philippe Pellet, Gabriel Parriaux : Difficultés d'enseignement et d'apprentissage de la science informatique au primaire. 61
- Olivier Goletti, Florian De Pierpont, Kim Mens : Création d'exemples résolus avec objectifs étiquetés pour l'apprentissage de la programmation avec Python. 77

Jeux et apprentissage de l'informatique

- Matthieu Branthome : Conception et évaluation du jeu sérieux Pyrates : agencement du milieu didactique pour la transition Scratch-Python. 86
- Antoine Meyer, Simon Modeste : Situation didactique autour d'un jeu de recherche : expérimentation en classes de NSI. 100
- Marielle Léonard, Yann Secq, Yvan Peter, Cédric Fluckiger : Pensée informatique : approche didactique de l'identification de motifs. 113
- Hajar Saddoug, Aryan Rahimian, Bertrand Marne, Mathieu Muratet, Karim Sehaba, Sébastien Jolivet : Analyse de l'adaptabilité de jeux pour l'apprentissage de la pensée informatique ou de la programmation. . 126

Difficultés d’enseignement et d’apprentissage de la science informatique au primaire

Julien Bugmann^[0000–0002–1205–9005], Morgane Chevalier^[0000–0002–9115–1992],
Jean-Philippe Pellet^[0000–0001–7559–397X] et Gabriel Parriaux^[0000–0002–8921–5459]

Haute école pédagogique du canton de Vaud, Lausanne, Suisse
{julien.bugmann,morgane.chevalier,jean-philippe.pellet,gabriel.parriaux}@hepl.ch

Résumé Alors que l’enseignement de la science informatique prend une place de plus en plus importante dans les programmes scolaires, et ce dans diverses régions du monde, la Suisse romande, elle aussi, vient d’adopter un nouveau plan d’études intégrant cette nouvelle discipline. Le défi est de taille car il s’agit de former les futurs enseignants du primaire et du secondaire, mais aussi tous les enseignants déjà en poste. Pour ce faire, il est capital de se questionner sur les modalités d’activités proposées en science informatique et leurs difficultés d’enseignement et d’apprentissage relevées par les futurs enseignants. Nous proposons donc dans cet article d’étudier ces différents aspects liés à la discipline de la science informatique au primaire, notamment la programmation et l’algorithmique, à l’issue d’une formation spécifique dispensée dans une Haute école pédagogique, en Suisse. Les résultats montrent que ce sont principalement des activités mixtes qui sont proposées par ces futurs enseignants à leurs élèves et que les principales difficultés d’apprentissage perçues reposent sur la décentration des élèves en situation, la transposition, la maîtrise des outils et la complexité disciplinaire. On constate également que les futurs enseignants éprouvent majoritairement des difficultés d’enseignement en lien avec la maîtrise des savoirs à enseigner, la gestion de classe et ce que nous appelons le défi didactique.

Keywords: science informatique · enseignement · apprentissage

1 Introduction

Le tournant de l’intégration de la science informatique (SI) en tant que discipline à l’école obligatoire a été engagé dans divers pays à travers le monde, depuis plusieurs années déjà [1,2], ou encore très récemment [21,22]. L’intégration de cette nouvelle discipline implique de former en amont les enseignants et les futurs enseignants non seulement à ces nouveaux contenus disciplinaires mais aussi aux approches didactiques pour les enseigner. Il est ainsi attendu des étudiants en formation au métier d’enseignant (étudiants nommés "futurs enseignants" dans cet article) qu’ils orchestrent [10] de telles situations d’enseignement–apprentissage, i.e. qu’ils conçoivent, mettent en œuvre et évaluent les activités permettant d’atteindre les objectifs en SI du plan d’études et qu’ils maîtrisent les concepts informatiques de base [11].

Si la généralisation des contenus de SI à l'école obligatoire est relativement nouvelle, une variété de méthodes permettant de véhiculer de tels contenus est proposée depuis de nombreuses années [3,16,20]. Néanmoins, si le média permet un accès facilité au contenu à enseigner, il ne reste pas moins vrai qu'il n'en garantit pas l'apprentissage [9]. De fait, nous nous intéressons dans cette étude aux liens entre la compréhension de la SI et les modalités de sa mise en œuvre en classe, tout spécialement concernant la programmation et l'algorithmique : qu'en est-il du point de vue des futurs enseignants qui expérimentent ces activités en classe ? Quelles sont les difficultés d'apprentissages des élèves perçues par ces futurs enseignants et quelles sont les difficultés d'enseignement qu'ils mettent en avant ? Ces différents freins sont-ils particulièrement liés à la modalité pédagogique choisie pour les diverses activités ?

Après avoir présenté les différentes modalités d'activités en SI recensées dans la littérature, nous présentons notre problématique et nos questions de recherche. La méthode suivie pour cette étude des représentations des futurs enseignants en formation est ensuite explicitée. Puis, nous présentons et discutons les résultats obtenus avant de conclure en développant les prolongements à cette recherche.

2 Apports théoriques

S'intéresser à la mise en œuvre de la SI à l'école primaire implique plusieurs perspectives. Il convient de se pencher à la fois sur les objets de savoirs visés et leur mise en œuvre au travers des modalités pédagogiques, mais aussi sur les difficultés d'enseignement et d'apprentissage identifiées par les protagonistes que sont respectivement les (futurs) enseignants et les élèves. Dans cette partie, nous rapportons ce qui a été recensé dans la littérature au sujet de ces différentes focales. Le recensement des modalités de mises en œuvre nous permet d'ouvrir à une nouvelle catégorisation.

2.1 La mise en œuvre de la SI à l'école primaire

La SI a connu plusieurs entrées dans l'école obligatoire, sous l'impulsion de projets politiques propres à chaque période de l'histoire de l'éducation [2], mais son intégration dans les curricula dès les premières années scolaires est relativement récente [1,5,14,18]. Sur ces dernières décennies, la mise en œuvre de la SI dans les classes d'élèves de 4 à 12 ans présente ainsi principalement des activités que l'on pourrait classer selon deux modalités pédagogiques, à savoir celle « branchée » et celle « débranchée ». La principale différence entre ces deux modalités réside dans le fait que le recours à une interface écran est nécessaire à la programmation dans le cas de la modalité branchée [3,4].

Les activités de SI dites « débranchées » ou en anglais les « CSU activities » pour « Computer Science Unplugged activities » semblent aujourd'hui dépasser le statut de simple modalité pédagogique à celui d'approche pédagogique en soi [23]. Les apports de la mise en œuvre en classe des activités CSU ne sont pourtant encore que peu documentés dans l'état de l'art en ce qui concerne

l'apprentissage effectif des élèves en SI [12]. Néanmoins, le potentiel pédagogique de cette modalité d'activité est décrit et loué pour sa caractéristique de mise en mouvement de l'élève et d'apprentissage incarné [27].

Les activités dites « branchées », quant à elles, ont initialement été incarnées au moyen des ordinateurs ou encore des robots [20]. Ces derniers s'étant largement diversifiés [6,19], on constate néanmoins que certains de ces robots ne nécessitent pas pour autant une interface écran pour pouvoir les programmer, comme par exemple pour les robots Blue-Bot (TTS Group, Hucknall, Royaume-Uni) et Cubetto (Primo Toys, Londres, Royaume Uni). De fait, la typologie des pratiques pédagogiques semble ne pas être aussi dichotomique et des hybridations d'activités branchées-débranchées apparaissent dans la littérature [13] sous l'appellation de *Robotics Unplugged (RU) activities* pour « activités robotiques débranchées », c'est-à-dire qui recourent à des robots sans pour autant utiliser une interface écran pour les programmer. Cette modalité d'activité vient donc enrichir les moyens de mise en œuvre de la SI dans une approche pédagogique dite « débranchée » [3,4,12].

Cependant, la liste de ces modalités nous paraît encore incomplète. En effet, certaines activités d'initiation à la SI intègrent par exemple des robots, mais sans solliciter leurs capteurs ou actionneurs, par exemple dans le cadre d'une simulation de déplacement dans un espace. Il nous paraît donc important de ne pas étiqueter cette pratique comme étant « débranchée » au sens du CSU [3,4]. Nous proposons donc d'ajouter une nouvelle catégorie appelée SMEA, pour « Sans Moyen Électronique Actif » (en anglais, WAE pour *Without Active Electronics*). Dans ce contexte, on considère qu'il est tout à fait possible d'utiliser un robot comme simple simulateur d'un déplacement, mais sans l'activer électroniquement. Cette catégorie contient par essence également toutes les activités papier, crayon ou objets divers, tant qu'elles ne mobilisent aucun moyen électronique actif. Par exemple, des robots tels que Blue-Bot ou Thymio, utilisés sans qu'ils ne soient allumés, et donc pas « électroniquement actifs », en feraient partie. Cela nous permet de distinguer ce type de pratique d'une pratique dite « Robotique » dans laquelle nous considérons que l'outil doit être activé pour être considéré comme un outil dans une activité dite robotique.

Les possibilités de mise en œuvre en classe de la SI semblent donc bien plus denses que la simple distinction en modalités branchées/débranchées (Tableau 1).

Ces différentes modalités peuvent naturellement être couplées et il est donc possible de retrouver des activités SMEA, des activités avec écrans, des activités robotiques, etc. dans une même séquence en classe et pour viser un même objectif pédagogique.

Nous avons donc différents moyens de mise en œuvre en classe, des programmes qui s'adaptent et des formations de plus en plus nombreuses pour les enseignants et les futurs enseignants. Mais alors, que se passe-t-il lorsque l'on met cela en application en contexte scolaire ? Est-ce que tout fonctionne ? Quel regard les (futurs) enseignants portent-ils sur les difficultés d'apprentissage des élèves et celles liées à leurs activités d'enseignement ?

Tableau 1. Affinement des catégorisations branchées/débranchées pour les activités de science informatique.

Modalité de l'activité	Branchée		Débranchée	
Recours à l'électronique	oui		oui	non
Type d'artefacts mobilisé	Écran	Robot avec interface écran pour programmation	Robot sans usage de l'interface écran pour programmer (interface tangible ou programmes embarqués)	Papier, crayon, objets, etc.
Dénomination	Écrans	Robotique + écrans	Robotique Unplugged (RU)	Sans Moyen Électronique Actif (SMEA)
Exemples	<ul style="list-style-type: none"> Scratch Cargo Bot Code.org Lightbot Mimo 	<ul style="list-style-type: none"> Thymio + VPL Lego Mindstorms EV3 Nao Choregraphe 	<ul style="list-style-type: none"> Thymio pré-programme Blue-Bot avec interface tangible de programmation ou barre 	<ul style="list-style-type: none"> Computer Science Unplugged (CSU) Square Le jeu du robot Pixel paravent Un robot qui ne serait pas allumé

2.2 Difficultés d'enseignement et d'apprentissage

Les pratiques rapportées récemment dans les premières années de la scolarité (école maternelle) et des années suivantes (école primaire) permettent de souligner différents types de difficultés émergentes identifiées par les enseignants et les futurs enseignants pour enseigner la SI auprès de leurs élèves. Parmi celles-ci, on relève notamment le problème d'infrastructure et l'accès au matériel [7,18]. Alors que l'éducation numérique en général et la SI en particulier sont de plus en plus enseignées dans les établissements scolaires, ceux-ci peinent bien souvent à proposer à chaque enseignant les ressources adéquates pour mener à bien leurs activités. Que cela soit en termes de robots, de tablettes, ou de matériel SMEA à disposition, la nouveauté de la discipline, mais aussi le coût du matériel nécessaire

pour la quantité d'élèves et enseignants visés, représentent de véritables freins à une mise en œuvre sereine en classe. En effet, les enseignants sont très souvent contraints de chercher le matériel dans d'autres salles, parfois d'autres bâtiments, et éprouvent bien des difficultés à organiser le tout simplement.

Cette rareté des ressources amène à un autre problème qui est celui du manque de temps de préparation [7,18] pour les activités. D'autant plus que les grilles horaires des enseignants sont surchargées et n'octroient très souvent aucune plage supplémentaire pour enseigner la SI. Le temps est aussi convoqué au travers de l'emboîtement instrumental [17] impliqué dans l'appropriation des outils pour ensuite travailler les concepts visés.

Enfin, un autre frein existant repose sur la résistance des collègues [18] au développement de telles activités en classe.

Concernant les difficultés d'apprentissages des élèves lors de l'initiation à la SI, celles-ci ne sont que rarement listées dans l'état de l'art. Comme le remarque Monique Grandbastien [15], dans une phase de création d'enseignement, il n'est pas étonnant de retrouver dans la littérature davantage de « réflexions quant aux objectifs et des propositions de mise en œuvre que sur des retours d'expérience avec description des succès et des difficultés observés chez les élèves » (p. 14). Néanmoins, quelques difficultés récurrentes sont à pointer, tant au niveau de la compréhension des concepts qui ne sont pas suffisamment introduits par les enseignants [24], que du transfert du langage naturel à celui de la machine [8], soit la transposition.

3 Problématique et questions de recherche

Cette recherche vise à mettre en évidence de potentiels liens entre la compréhension de la SI et les modalités de mise en œuvre en classe. Dans la mesure où les modalités d'activités proposées sont de natures variées (SMEA, robotiques, écrans, voire des activités mixtes), et où les niveaux de connaissances des futurs enseignants sont eux aussi variés, nous nous intéressons aux différents points de vue des futurs enseignants (étudiants en formation d'enseignant) qui expérimentent ces modalités d'activités en classe.

Quelles modalités d'activités sont mises en œuvre ? Quelles difficultés rencontrent ces acteurs du terrain dans leurs enseignements et quelles difficultés d'apprentissages anticipent-ils chez leurs élèves ?

Est-ce que les difficultés d'apprentissages des élèves pressenties par les futurs enseignants sont particulièrement liées à la modalité pédagogique choisie ?

Et enfin, nous nous demandons comment adapter les dispositifs de formation pour permettre au mieux à ces futurs enseignants d'amener leurs élèves vers des apprentissages en SI.

4 Méthodologie

Dans la mesure où le canton de Vaud projetait depuis 2018 l'introduction d'une nouvelle discipline intitulée « Science informatique et projets numériques » à la

grille horaire, le Plan d'études romand (PER) a également connu une profonde révision pour la partie touchant à l'éducation numérique avec, notamment, l'introduction de cette nouvelle discipline qu'est la SI.

En ce qui concerne la formation des futurs enseignants du primaire, les contenus de cette nouvelle discipline étaient déjà pour certains étudiés dans différents modules de la formation, de la 1^{re} à la 3^e et dernière année, mais les contenus liés à la SI dans les curricula étaient quant à eux totalement nouveaux pour les futurs enseignants. Pour compléter son dispositif de formation sur ces nouveaux aspects, la HEP Vaud a créé un module temporaire, intitulé « BP63SIP — Science Informatique et Projets numériques » en complément des modules existants pour les étudiants de 3^e année du Bachelor primaire.

Dans le cadre de la validation de ce module (en juin 2020), les participants ont présenté oralement, individuellement ou en groupe, leur projet de mise en œuvre (réelle ou fictive) d'une séquence en SI aux cycles 1 ou 2. Dans le cadre de ce module, les futurs enseignants découvraient, entre autres, des activités telles que Pixel Paravent, pour travailler sur la transmission d'information et le binaire, le jeu du robot et les activités de robotique avec Thymio et Bluebot pour découvrir le fonctionnement des machines, capteurs et actionneurs, ou encore l'application Scratch Jr pour travailler les séquences et les boucles. Il est à noter qu'en raison de la pandémie de la COVID-19, 80% des projets ont été simulés et n'ont pas pu avoir lieu en classe. 11% des projets ont été intégralement menés en classe et 9% l'ont été sous une modalité mixte (une partie effectuée en classe, et l'autre non).

À cette occasion et en raison de la COVID-19, l'examen s'est déroulé à distance via une plateforme de visioconférence et chaque présentation orale a été filmée. Lors de cet examen, un chercheur, externe au processus d'évaluation, posait systématiquement deux questions aux étudiants (i.e. futurs enseignants) :

- Quelles étaient ou auraient été (si l'activité n'avait pas pu être menée en classe en raison de la COVID-19) les principales difficultés d'*apprentissage* pour vos élèves dans le cadre de l'activité proposée ?
- Quelles étaient ou auraient été (si l'activité n'avait pas pu être menée en classe en raison de la COVID-19) les principales difficultés d'*enseignement* pour vous dans le cadre de l'activité proposée ?

Après la session d'examen, les séquences vidéo ont été analysées aux fins de la présente recherche. Il était naturellement expliqué aux futurs enseignants que cette participation à la recherche n'impactait en rien l'évaluation du module.

À l'issue de cette recherche, nous avons pu obtenir les données issues de 34 groupes de futurs enseignants, ce qui représente au total 81 participants.

5 Résultats

Nous nous demandons ce que cherchent, reprennent, ou visent les futurs enseignants dans leur mise en œuvre en classe et s'il existait une modalité d'activité favorite pour les élèves.

5.1 Catégories identifiées

Sur les 34 groupes, nous avons obtenu 35 projets, un groupe ayant effectué deux activités avec deux types de publics différents. Sur ces 35 projets, la majorité (71,5%) étaient des projets mixtes, c'est-à-dire intégrant des activités de modalités différentes (Tableau 2). Seules 29,5% des activités ne concernaient qu'une seule modalité d'activité (SMEA, Écrans ou Robotique de manière exclusive). On constate également que les différents groupes concernés ont dans leur grande majorité effectué au moins une activité intégrant la modalité SMEA (80% des groupes).

Tableau 2. Fréquence des différentes modalités d'activités selon les projets concernés.

Type d'activités mises en œuvre	Nombre de projets concernés	Pourcentage
SMEA	4	11,4%
SMEA et écrans	10	28,6%
SMEA et robotique unplugged	12	34,3%
Écrans	1	2,9%
SMEA, robotique et écrans	2	5,7%
Robotique unplugged	5	14,3%
Robotique et écrans	1	2,9%
Total	35	100%

5.2 Difficultés d'apprentissage des élèves identifiées par les futurs enseignants

À l'issue des examens du module, nous avons donc posé deux questions aux futurs enseignants, comme évoqué dans la méthodologie puis nous avons effectué une catégorisation de ces données pour procéder à leur traitement et répondre à nos questions de recherche.

En fonction des thématiques abordées par les futurs enseignants interrogés, nous avons pu extraire un certain nombre de catégories (Tableau 3) liées à l'apprentissage, et plus spécifiquement à l'apprentissage de la SI, à savoir :

- la collaboration : lorsque les futurs enseignants parlent de difficultés de collaborations entre élèves
- la complexité disciplinaire : lorsque les futurs enseignants présentent la discipline comme étant, selon eux, particulièrement complexe pour que leurs élèves apprennent (termes, programmes complexes, etc.)
- la culture initiale : quand il est question de compétences et connaissances des élèves qui seraient trop faibles

- la décentration : lorsque les futurs enseignants interrogés évoquent les difficultés qu’ont les élèves à se projeter à la place du robot et à comprendre la démarche algorithmique d’un programme et son issue
- l’intérêt à long terme : lorsque c’est la motivation des élèves sur une plus longue durée pour ces activités qui est remise en question
- la maîtrise de l’outil : quand les futurs enseignants évoquent les difficultés relatives à la maîtrise de l’outil utilisé par les élèves
- le manque de motricité : lorsqu’il est question de difficultés à manipuler les outils par les élèves du fait d’un manque de motricité fine
- le sens de l’activité : lorsque les futurs enseignants mettent en avant un déficit de sens ou de compréhension de l’objectif des activités pour les élèves
- la surcharge cognitive : quand il est question d’un nombre trop important d’informations à traiter pour effectuer une activité
- la transposition : lorsque les futurs enseignants font état de difficultés à transposer les apprentissages, notamment dans le fait de passer d’un langage à un autre

Tableau 3. Répartition des différentes catégories de difficultés d’apprentissages pour les élèves.

Difficulté d’apprentissages	Nombre d’occurrences	Pourcentage
Collaboration	1	1,5%
Complexité disciplinaire	12	17,9%
Culture initiale	2	3,0%
Décentration	18	26,9%
Intérêt à long terme	1	1,5%
Maîtrise de l’outil	13	19,4%
Manque de motricité	1	1,5%
Sens de l’activité	3	4,5%
Surcharge cognitive	5	7,5%
Transposition	11	16,4%
Total	67	100%

On constate que les difficultés d’apprentissage les plus souvent relevées par les futurs enseignants (Tableau 3) concernent principalement la décentration (26,9%), la maîtrise de l’outil (19,4%), la complexité disciplinaire (17,9%), mais aussi la transposition (16,4%) pour les élèves, soit le fait de passer des apprentissages réalisés à une représentation concrète en informatique. A contrario, les difficultés les moins souvent évoquées concernent certaines caractéristiques individuelles propres aux élèves (manque de motricité, difficulté à collaborer, manque de culture en informatique).

On relève également que la décentration apparaît majoritairement, et il semble donc être capital de travailler sur ces aspects d'orientation, d'anticipation des programmes, etc. en formation et de donner davantage de temps à ce type d'activités en classe. On note aussi que les futurs enseignants parlent de complexité disciplinaire. On peut penser que cette dernière est surtout liée au manque de maîtrise des savoirs à enseigner par les futurs enseignants (Tableau 4), d'où la nécessité de travailler sur ces savoirs en formation. Enfin, la transposition, elle aussi semble être difficile pour les élèves, ce qui pourrait montrer l'importance d'aborder les liens entre informatique et société pour offrir des outils et des idées permettant de transposer un apprentissage en SI dans une situation concrète du quotidien.

5.3 Difficultés d'enseignement identifiées par les futurs enseignants

Nous avons fait de même avec les difficultés d'enseignement éprouvées par les futurs enseignants en catégorisant les différentes réponses de ces derniers. Nous proposons ainsi différentes catégories, qui sont :

- le défi didactique : lorsqu'un futur enseignant évoque la complexité de transmettre le savoir à ses élèves et de faire du lien avec l'informatique du quotidien
- la différenciation : lorsqu'un futur enseignant a des difficultés à gérer les différences de niveaux des élèves dans la discipline
- l'évaluation : lorsqu'un futur enseignant aborde la ou les difficulté(s) liée(s) aux méthodes d'évaluation des apprentissages
- la gestion de classe : lorsqu'il est question des interventions du futur enseignant en lien avec l'activité des élèves en situation pour atteindre l'objectif pédagogique visé
- la maîtrise de l'outil : lorsque l'utilisation des outils destinés au futur enseignant complique son activité d'enseignement
- la maîtrise des savoirs à enseigner : lorsque le futur enseignant ne s'estime pas suffisamment compétent pour enseigner cette discipline
- le manque de ressources : lorsque le futur enseignant estime ne pas bénéficier de suffisamment de ressources (activités, exercices, etc.) pour mener à bien son activité
- le manque de temps : lorsque le temps à disposition (dans la grille horaire notamment, en préparation, lors de l'activité) n'est pas suffisant
- la scénarisation de l'activité : lorsque le futur enseignant éprouve des difficultés à préparer son activité et à la scénariser

À l'issue de nos analyses, nous constatons (Tableau 4) que les difficultés d'enseignement les plus fréquemment évoquées concernent, pour notre public de futurs enseignants, le défi didactique (20,9%), la gestion de classe (20,9%), la maîtrise des savoirs à enseigner (16,4%) et enfin la maîtrise des outils utilisés dans le cadre de l'activité (13,4%). Les difficultés les moins fréquemment évoquées sont la scénarisation de l'activité (4,5%) ou encore la différenciation (4,5%).

Tableau 4. Répartition des différentes catégories de difficultés d’enseignement pour les futurs enseignants.

Difficulté d’enseignement	Nombre d’occurrences	Pourcentage
Défi didactique	14	20,9%
Différenciation	3	4,5%
Évaluation	4	6,0%
Gestion de classe	13	19,4%
Maîtrise de l’outil	9	13,4%
Maîtrise des savoirs à enseigner	11	16,4%
Manque de ressources	4	6,0%
Manque de temps	6	9,0%
Scénarisation de l’activité	3	4,5%
Total	67	100%

On relève ainsi la place forte donnée au défi didactique et à la gestion de classe dans les difficultés évoquées par les futurs enseignants. Le premier pourrait s’expliquer par un grand manque de confiance et potentiellement de maîtrise des savoirs en SI. Pour ce qui en est de la gestion de classe et de la maîtrise de l’activité, cela pourrait correspondre à un déficit d’expérience en formation et surtout en classe mais aussi à des aspects matériels qui viendraient compliquer la gestion de classe.

5.4 Relations entre les différentes modalités d’activités et le degré des élèves

Ces catégories désormais mises en évidence, il nous paraissait important d’en étudier la répartition selon les différents degrés des élèves concernés. En effet, est-ce que les futurs enseignants privilégient une modalité d’activité plutôt qu’une autre selon le cycle dans lequel ils enseignent ?

Après croisement entre la modalité d’activité et le cycle concerné (cycle 1, soit de la 1^{re} à 4^e année de primaire, i.e. de 4 à 7 ans, ou cycle 2, de la 5^e à la 8^e année de primaire, i.e. de 8 à 11 ans), on constate que les activités avec écrans sont principalement destinées aux élèves du cycle 2 et que la robotique seule est plus prisée au cycle 1 (Figure 1). Aucun groupe de futurs enseignants ayant des élèves du cycle 1 n’a proposé d’activité avec des écrans. Les élèves du cycle 1 ont pour la plupart eu des activités avec les robots ou des activités SMEA, voire, dans la majorité des cas, un croisement de ces deux modalités d’activités.

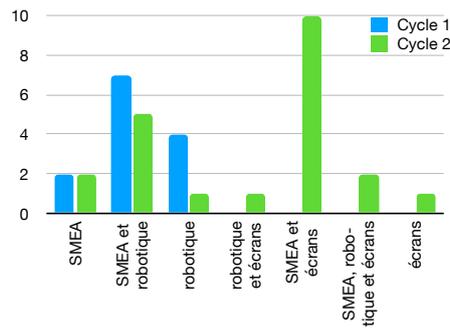


Figure 1. Distribution des modalités par cycle.

En regardant plus précisément les différents degrés concernés (degrés 1–2 équivalent aux deux premières années du cycle 1, degrés 7–8 aux deux dernières du cycle 2), on constate qu’il y a une tendance à faire des activités plus « multi-modales » au fur et à mesure que les degrés augmentent (Figure 2). Ainsi, plus les élèves du primaire seraient âgés, plus les futurs enseignants souhaiteraient articuler plusieurs modalités d’activités.

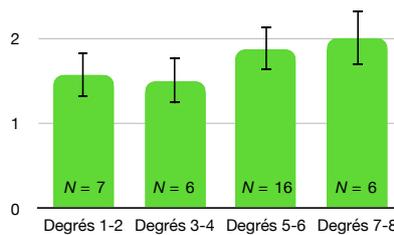


Figure 2. Index de mixité moyen par demi-cycle.

Maintenant que ces éléments sont mis en évidence, nous souhaitons questionner les liens entre les différentes difficultés d’apprentissage évoquées par les futurs enseignants et les activités mises en œuvre.

5.5 Relations entre les difficultés d’apprentissage et d’enseignement et les modalités d’activités mises en œuvre

En croisant les difficultés d’apprentissage des élèves évoquées par les futurs enseignants, nous souhaitons vérifier s’il apparaît une relation entre la modalité d’activité et les difficultés rencontrées ou envisagées. Sur cette base, nous pourrions alors anticiper les propositions faites aux futurs enseignants en formation et

adapter le dispositif pour résoudre au mieux les freins aux apprentissages des élèves en SI.

Il ressort de notre analyse (Figure 3) une différence statistiquement significative entre les trois sous-groupes que sont SMEA, robotique et écrans ($\chi^2(18) = 32.63, p = .018$). On relève donc deux données importantes. La première concerne la maîtrise de l'outil qui serait bien plus complexe dans les modalités avec écrans que dans les modalités sans écrans. La deuxième concerne la plus forte difficulté pour les élèves de se décentrer lors des activités réalisées sous les modalités incluant la robotique.

Ces éléments sont particulièrement intéressants car on pourrait penser le contraire, du fait du caractère tangible et manipulable des robots et du fait que l'on soit davantage allocentré sur un écran et davantage autocentré avec un robot. Aussi, il est possible que cela soit potentiellement lié aux choix d'activités menées sur les écrans, et non pas tant à l'écran lui-même.

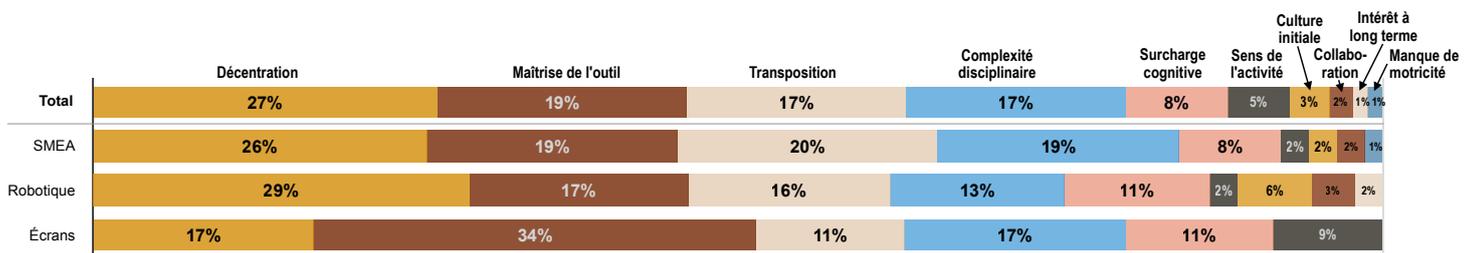


Figure 3. Difficultés d'apprentissage selon les modalités d'activités mises en œuvre.

Certains choix d'activités auraient ou pourraient donc avoir une relation avec certaines difficultés d'apprentissage chez les élèves. Nous avons voulu savoir comment la modalité d'activité influençait, si c'était le cas, les difficultés d'enseignement rencontrées ou anticipées par les futurs enseignants.

Pour cela, nous avons croisé les différentes modalités d'activités et les catégories de difficultés d'enseignement formulées par les participants à la recherche (Figure 4).

On relève que des différences existent selon la modalité d'activité. En robotique, la gestion de classe semble plus complexe que dans une autre activité, tout comme le manque de temps, alors que le défi didactique est moindre. Dans le cadre d'une activité SMEA, c'est la maîtrise de l'outil qui est moins relevée, et l'on constate enfin que l'évaluation est simplifiée dans les activités avec écrans. Cependant, ces différences apparaissent davantage comme des tendances, dans la mesure où elles ne sont pas statistiquement significatives ($\chi^2(16) = 13.53, p = .633$).

	Maîtrise des savoirs à enseigner	Maîtrise de l'outil	Défi didactique	Gestion de classe	Manque de temps	Différenciation	Manque de ressources	Évaluation	Scénarisation de l'activité
Total	16%	12%	19%	18%	11%	9%	6%	6%	5%
SMEA	17%	10%	19%	18%	8%	9%	6%	7%	6%
Robotique	16%	13%	13%	20%	15%	10%	5%	6%	4%
Écrans	14%	15%	20%	18%	13%	6%	2%	3%	9%

Figure 4. Difficultés d'enseignement selon les modalités d'activités mises en œuvre.

6 Discussion

Tout d'abord, il paraît important de signaler que ce module était optionnel et que le nombre d'inscrits a été particulièrement important, ce qui montre d'un certain côté que la SI attire les futurs enseignants. Est-ce parce que cette discipline est appelée à devenir obligatoire ou parce que la tendance renforcée de la société numérique se renforce ? Cela serait à questionner.

À la lecture des résultats obtenus dans le cadre de cette recherche, on observe que les futurs enseignants ont ce besoin de donner du sens, pour eux et pour leurs élèves. Il apparaît également capital pour ces futurs enseignants de parvenir à transmettre ces apprentissages et le fait de rencontrer une discipline nouvelle, tant pour eux que pour leurs élèves, et de faire face à des difficultés pour atteindre certains objectifs d'apprentissage, leur pose problème.

Comme constaté dans ce travail, certains choix d'activités auraient ou pourraient mettre en exergue certaines difficultés d'apprentissage pour les élèves dans le cadre d'activités en SI, en particulier celles qui touchent à la programmation et à l'algorithmique. En nous appuyant sur ces résultats, il nous faudrait alors adapter les formations proposées en veillant à chercher à réduire au mieux les difficultés rencontrées. Par exemple, avec des activités intégrant des écrans, il faudrait davantage insister sur la maîtrise l'outil et moins sur la décentration.

Pour faire du sens, les futurs enseignants ont donc besoin d'être équipés, tant en ressources qu'en savoirs, ce qui renvoie à la double instrumentation décrite par Trouche [26] dans un autre contexte.

Le manque de maîtrise des savoirs à enseigner demeurant particulièrement problématique pour les futurs enseignants, il nous apparaît capital de démarrer l'initiation aux bases de l'informatique dès le début de la formation des futurs enseignants — à l'instar de ce qui a déjà été expérimenté [22]. Une fois ces bases posées, il est alors possible de développer les aspects didactiques et d'aller vers l'intégration.

Les futurs enseignants semblent ainsi avoir besoin d'être rassurés, confortés dans leurs connaissances, pour réussir le défi didactique et aider leurs élèves à accéder aux apprentissages [18].

Aussi, les difficultés principales d'apprentissage chez les élèves, constituées de difficultés en termes de décentration et de maîtrise des outils, seraient à travailler davantage tout au long de la formation des futurs enseignants. Ceci permettrait

d'assurer une meilleure continuité entre la maîtrise des concepts de base de la SI par les futurs enseignants, indispensables pour permettre de transmettre aux élèves des apprentissages riches, puis d'assurer une mise en situation réussie. C'est la culture de l'enseignant en SI qui serait donc un indicateur valable du transfert d'apprentissage.

Enfin, la mise en perspective semble capitale pour permettre des apprentissages et réussir tout enseignement. Elle se caractérise ici par les difficultés d'apprentissage « Décentration », « Intérêt à long terme », « Sens de l'activité » et surtout « Transposition ». Cela rejoint les travaux de Tardif et Meirieu [25] sur la nécessaire triade « contextualisation, décontextualisation et recontextualisation » nécessaire en vue d'un transfert des connaissances. Ces aspects sont justement traités dans la formation des futurs enseignants au travers de la thématique « informatique et société », dans la mesure où l'informatique est également présente dans l'univers de l'enfant. Le fait de contextualiser le savoir par rapport à sa propre culture facilite la transposition didactique et semble ainsi particulièrement pertinent, voire indispensable.

7 Conclusion

Nous souhaitons, dans le cadre de cette recherche, interroger les difficultés d'apprentissage pour les élèves, et celles d'enseignement pour les futurs enseignants, dans des activités d'initiation à la SI au primaire. Portée sur un échantillon de 34 groupes de futurs enseignants, cette recherche a permis de mettre en évidence des besoins en termes de formation à l'enseignement de la SI pour les futurs enseignants du primaire. En effet, les futurs enseignants et enseignants sont constamment en quête de sens pour ces activités, souffrent d'un déficit de confiance en eux et certainement de maîtrise des concepts à enseigner à leurs élèves. Dans le même temps, nous observons que les futurs enseignants voient comme difficultés pour les élèves le fait d'avoir à se décentrer par rapport à l'activité, à trouver du sens dans ces activités et à pouvoir transposer leurs apprentissages dans un autre contexte. Ces derniers points passent par une mise en relation renforcée sur les liens entre informatique et société afin de les amener à se représenter certaines activités dans un autre contexte. Par ailleurs, cette recherche montre que les futurs enseignants privilégient les activités sans écrans pour les élèves de premier cycle, et ont donc assimilé que l'informatique peut s'enseigner en ayant recours uniquement à des activités SMEA ou robotique unplugged.

Au niveau des perspectives à venir, ce module de formation, et les éléments issus de cette recherche, ont permis d'actualiser notre offre de formation avec le lancement de nouveaux modules qui permettent désormais d'initier les futurs enseignants à la SI dès la première année de formation au sein de notre Haute école pédagogique. Ainsi, cela s'est fait en cohérence avec les résultats issus de cette recherche qui mettent notamment en avant l'importance de poser des bases théoriques solides en informatique dès le début de la formation. Un atelier disciplinaire « Savoirs disciplinaires en science informatique » a donc vu le jour et propose un certain nombre d'apprentissages clés en SI avec le développement de

concepts tels que les machines, les algorithmes, la programmation, les réseaux, etc. En réponse au besoin affiché de lien entre ce qui est vécu en formation et le quotidien des élèves, une focale est posée sur la thématique « Informatique et société » et chaque concept est remis en perspective par rapport à des situations quotidiennes et vécues par les futurs enseignants et leurs élèves. Cet aspect permet justement de répondre au manque de sens affiché dans certaines situations pédagogiques rencontrées dans le cadre du module ayant fait l'objet de cet article.

À l'issue de cet atelier disciplinaire, permettant de lisser les compétences et connaissances des futurs enseignants, nous avons axé les deux années suivantes sur la didactique de l'informatique et sur la mise en situation concrète des apprentissages vécus en formation. Ceci permet aux futurs enseignants d'être tout d'abord rassurés dans la mise en œuvre et la préparation de leurs activités d'enseignement en SI (via une culture informatique commune) et de bénéficier de ressources, notamment, et d'expérience au cours des deux années suivantes pour enseigner en pleine confiance et en maîtrisant les concepts à transmettre.

Références

1. Balanskat, A., Engelhardt, K.: Computing our future: Computer programming and coding-Priorities, school curricula and initiatives across Europe. European Schoolnet (2014)
2. Baron, G.L., Drot-Delange, B.: L'informatique comme objet d'enseignement à l'école primaire française? Mise en perspective historique. *Revue française de pédagogie. Recherches en éducation* (195), 51–62 (2016)
3. Bell, T., Alexander, J., Freeman, I., Grimley, M.: Computer science unplugged: School students doing real computing without computers. *The New Zealand Journal of Applied Computing and Information Technology* **13**(1), 20–29 (2009)
4. Bell, T., Vahrenhold, J.: CS Unplugged—How is it used, and does it work? In: *Adventures between lower bounds and higher altitudes*, pp. 497–521. Springer (2018)
5. Bugmann, J.: Quand les robots s'invitent à l'école. *L'Éducateur* (3), 15–16 (2019)
6. Bugmann, J., Karsenti, T.: Quand les robots entrent en classe. *Formation et profession: revue scientifique internationale en éducation* **26**(1), 142–145 (2018)
7. Chevalier, M., Gautschi, H.: L'usage des robots en classe, une expérience suisse et belge (2019)
8. Chevalier, M., Giang, C., El-Hamamsy, L., Bonnet, E., Papaspyros, V., Pellet, J.P., Audrin, C., Romero, M., Baumberger, B., Mondada, F.: The role of feedback and guidance as intervention methods to foster computational thinking in educational robotics learning activities for primary school. *Computers & Education* (2022)
9. Clark, R.E.: Évaluer l'enseignement à distance. *Distances et savoirs* **7**(1), 93–112 (2009)
10. Dillenbourg, P.: Design for classroom orchestration. *Computers & Education* (69), 485–492 (2013)
11. Doweck, G.: Les origines de l'informatique. *Cahiers philosophiques* (2), 7–15 (2015)

12. Drot-Delange, B. : Enseigner l’informatique débranchée : analyse didactique d’activités. In : AREF. pp. 1–13 (2013)
13. El-Hamamsy, L., Chessel-Lazzarotto, F., Bruno, B., Roy, D., Cahlikova, T., Chevalier, M., Parriaux, G., Pellet, J.P., Lanarès, J., Zufferey, J.D., et al. : A computer science and robotics integration model for primary school : evaluation of a large-scale in-service K-4 teacher-training program. *Education and Information Technologies* **26**(3), 2445–2475 (2021)
14. Goode, J., Margolis, J., Chapman, G. : Curriculum is not enough : The educational theory and research foundation of the exploring computer science professional development model. In : *Proceedings of the 45th ACM technical symposium on Computer science education*. pp. 493–498 (2014)
15. Grandbastien, M. : Quelle actualité pour les questions abordées lors du premier colloque de didactique de l’informatique de 1988 ? In : *Actes du colloque Didapro 8 – DidaSTIC* (2020)
16. Greff, É. : Le « jeu de l’enfant-robot » : une démarche et une réflexion en vue du développement de la pensée algorithmique chez les très jeunes enfants. Thèse de doctorat, Paris VII (1996)
17. Marquet, P. : Intérêt du concept de conflit instrumental pour la compréhension des usages des eia. In : *EIAH 2005 (Environnements Informatiques pour l’Apprentissage Humain)*. pp. 383–388. INRP (2005)
18. Ozturk, Z., Dooley, C.M., Welch, M. : Finding the hook : Computer science education in elementary contexts. *Journal of Research on Technology in Education* **50**(2), 149–163 (2018)
19. Papadakis, S. : Robots and robotics kits for early childhood and first school age. *International Journal of Interactive Mobile Technologies* (2020)
20. Papert, S. : *Mindstorms : Computers, children, and powerful ideas*. Basic Books (1980)
21. Parriaux, G., Pellet, J.P., Chessel-Lazzarotto, F., Chevalier, M., Page, E., Roy, D. : Que pourrait comprendre l’enseignement de la science informatique dans la scolarité obligatoire ? Avec quelle progression ? *Bulletin CIIP* (5), 13–16 (2020)
22. Repenning, A., Lamprou, A., Petralito, S., Basawapatna, A. : Making computer science education mandatory : Exploring a demographic shift in Switzerland. In : *Proceedings of the 2019 ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education*. pp. 422–428 (2019)
23. Romero, M., Duflot-Kremer, M., Viéville, T. : 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* (2018)
24. Spach, M. : Apprentissage d’un concept informatique à l’école primaire : l’automate. *AREF 2016* pp. 1256–1258 (2015)
25. Tardif, J., Meirieu, P. : Stratégie en vue de favoriser le transfert des connaissances. *Vie pédagogique* (98), 4–7 (1996)
26. Trouche, L. : *Construction et conduite des instruments dans les apprentissages mathématiques : nécessité des orchestrations*. Thèse de doctorat (2003)
27. Tsarava, K., Moeller, K., Pinkwart, N., Butz, M., Trautwein, U., Ninaus, M. : Training computational thinking : Game-based unplugged and plugged-in activities in primary school. In : *European conference on games based learning*. pp. 687–695. Academic Conferences International Limited (2017)