

CLARA AUCLAIR

UNE ANALYSE DES PRATIQUES DE FORMATION INITIALE
L'ALGORITHMIQUE ET À LA PROGRAMMATION À DESTINATION DES
ENSEIGNANTS DU PREMIER DEGRÉ

Abstract. An analysis of initial training practices in algorithms and programming for primary school teachers. The didactic works whose object of study concerns training practices have relied on the tools developed for the analysis of teaching practices by specifying them in the context of the training (Houdement & Kuzniak, 1996; Emprin, 2007; Sayac, 2012). In this work, we reuse and cross-reference these methodological tools in order to understand the practices of training in algorithms and programming for trainee school teachers. This case study allows us to better understand the challenges of this second year of initial training by highlighting the training knowledge, the strategies used as well as the epistemological postures called upon.

Keywords. training practices, primary school, algorithms, programming, training knowledge, epistemological postures

Résumé. Les travaux didactiques dont l'objet d'étude concerne les pratiques de formation se sont appuyés sur les outils développés pour l'analyse des pratiques enseignantes en les spécifiant au contexte de la formation (Houdement & Kuzniak, 1996 ; Emprin, 2007 ; Sayac, 2012). Dans ce travail, nous réutilisons et croisons ces outils méthodologiques dans le but de comprendre les pratiques de formation en algorithmique et en programmation à destination des professeurs des écoles stagiaires. Cette étude de cas nous permet de mieux cerner les enjeux de cette seconde année de formation initiale par la mise en évidence des savoirs de formation, des stratégies utilisées ainsi que des postures épistémologiques convoquées.

Mots-clés. pratiques de formation, école primaire, algorithmique, programmation, savoirs de formation, postures épistémologiques

La réapparition du contenu d'algorithmique et de programmation dans les programmes de l'école élémentaire de 2015 en France est à l'origine de la question développée dans ce travail de recherche.

La présence d'un contenu d'informatique dans les programmes de l'école n'est pas un phénomène nouveau¹ mais sa réapparition dans les programmes actuels est le résultat d'une prise de conscience progressive par les acteurs de l'éducation de l'importance d'intégrer cet enseignement au curriculum des élèves, et cela dès les premières classes. Dans le rapport de l'Académie des Sciences de 2013, il est noté que « la décision essentielle à prendre est de mettre en place un enseignement de science informatique depuis le primaire jusqu'au lycée, orienté vers la compréhension et la maîtrise de l'informatique, et dépassant donc largement les seuls usages des matériels et logiciels ». Cependant, pour que cet enseignement soit possible, il ne suffit pas de modifier les programmes de l'école primaire, il faut que les enseignants soient capables d'intégrer ces contenus à leur enseignement. C'est pour cette raison que la question de la formation initiale et continue tient une place importante dans les différents rapports préconisant l'introduction de l'informatique. L'Académie des Sciences juge qu'« il est nécessaire d'inclure l'informatique dans les cursus de formation des professeurs des écoles, à l'instar des autres disciplines ». Cependant, les acteurs en charge de la formation initiale en mathématiques des professeurs des écoles que sont principalement les formateurs de mathématiques en Institut National Supérieur du Professorat et de l'Éducation (INSPÉ) n'ont pas toujours été formés eux-mêmes à l'algorithmique et à la programmation et, du fait de la nouveauté de ce contenu dans les programmes de l'école élémentaire et du collège, n'ont pas eu l'occasion - ou très peu -, de l'enseigner. De plus, ceux-ci ne disposent d'aucun savoir « savant » de formation sur lequel appuyer leurs propositions de formation. Les quelques recherches françaises disponibles dans ce domaine datent de plusieurs dizaines d'années et s'intéressent, pour la plupart d'entre elles, aux retombées possibles de ces activités sur les apprentissages mathématiques des élèves mais n'abordent pas la question de la formation des enseignants (Crahay, 1987). Par ailleurs, le matériel utilisé a beaucoup évolué. Il reste donc à charge aux formateurs INSPÉ un travail de réflexion et d'élaboration de formation nouveau : identifier les besoins de formation des enseignants-stagiaires (ES) relatifs à ce contenu pour mettre en place une formation professionnelle efficace en un temps contraint par la maquette de formation. Cette tâche est d'autant plus ardue que les programmes de l'école ne définissent pas réellement les enjeux d'apprentissage relatifs à ce nouveau contenu : en effet, l'analyse des différents programmes et textes officiels montre que si les contextes spatial et géométrique sont proposés pour cette initiation, les objectifs d'apprentissage pour les élèves de l'école élémentaire (mathématiques ou informatiques) ne sont pas précisés.

¹ Pour une étude approfondie de l'évolution des programmes depuis les années 80 concernant l'enseignement de l'informatique, se référer à Auclair (2018). Ce travail présente notamment l'évolution des textes institutionnels relatifs à ce contenu d'enseignement ainsi qu'une synthèse des différentes recherches françaises menées dans ce domaine depuis les années 80.

Le but de ce travail est de mieux comprendre les enjeux et les modalités de cette formation à l'algorithmique et à la programmation à destination des ES au cours de leur deuxième année de formation : quels sont les savoirs visés, quelles sont les stratégies mises en œuvre ?

Nous présenterons tout d'abord le cadre théorique et la méthodologie avant de donner, dans une dernière partie, quelques exemples des analyses menées dans le cadre de ce travail.

1. Cadre théorique

Pour tenter de comprendre ce qui se joue dans ces formations en algorithmique et programmation, nous avons choisi de mener une étude qualitative (par observations et entretiens) basée sur l'analyse de pratiques de formateurs intervenants dans la seconde année de formation initiale des professeurs des ES. Les ES concernés sont en alternance entre une pratique de classe en responsabilité à mi-temps et un mi-temps de formation à l'INSPÉ.

Notre analyse de ces formations s'appuie sur des outils théoriques qui ont été développés dans le champ de la didactique des mathématiques en France et conçus pour comprendre les pratiques d'enseignants et les situations d'enseignement. A l'instar d'autres recherches portant sur la formation (Emprin 2007 ; 2019), nous avons spécifié ces outils au contexte de la formation de façon à utiliser ces outils pour l'analyse des situations de formation. De plus, le fait que les formations observées mettent en jeu un logiciel de programmation (en l'occurrence le logiciel Scratch) nous a demandé de prendre en compte la dimension instrumentale de celles-ci. Il a donc fallu opérer une double spécification du cadrage théorique d'une part aux situations de formation et d'autre part à l'utilisation d'un logiciel, en l'occurrence au logiciel de programmation Scratch.

Le cadre de la double approche didactique et ergonomique (DADE), développé par Robert et Rogalski (2002), nous a permis d'opérer cette spécification. En effet, pour Robert (2008), ce cadre a été conçu dans le but de « présenter et de justifier un cadrage théorique pour mettre en place des recherches didactiques sur les formations professionnelles des enseignants de mathématiques ». On voit donc que l'enjeu initial du questionnement réside dans la formation professionnelle des enseignants, ce qui nous occupe dans cette recherche. Ce cadre nous invite à saisir les pratiques enseignantes par la recombinaison de cinq composantes qu'Abboud-Blanchard (2013) présente de la façon suivante : « les deux premières composantes, cognitives et médiatives, permettent d'analyser les activités observées en prenant en compte les tâches proposées aux élèves (*itinéraire cognitif*) et la gestion des séances (*déroulement*). Une composante institutionnelle considère la gestion par l'enseignant des conditions et contraintes liées à l'institution. Une composante sociale correspond à ce qui est déterminé par le fait que sa profession a une dimension sociale. Enfin,

une composante personnelle est celle qui permet d'exprimer que l'enseignant étudié est un individu singulier ayant sa propre histoire, ses propres représentations sur les mathématiques, sur l'enseignement, et dans notre cas, sur les technologies ». Nous avons opéré une première spécification du cadre de la DADE aux situations de formation : l'enseignant est remplacé par le formateur et les enseignants, les élèves. Différents niveaux de pratique (Emprin, 2007) s'entrecroisent rendant complexe l'identification des *savoirs de formation* (Sayac, 2012) : en effet, ceux-ci peuvent concerner à la fois les savoirs disciplinaires comme les savoirs didactiques ou professionnels. Sayac (*ib.*) propose une classification qui prend en compte ces différents savoirs relatifs au métier d'enseignant en les organisant suivant deux dimensions : la dimension relative aux savoirs disciplinaires (notionnels D1, liés au curriculum de formation D2 et didactiques D3) et une dimension relative aux savoirs plus transversaux (gestes professionnels T1, connaissance des élèves T2 et du système éducatif T3). Nous avons, dans le cadre de ce travail, utilisé cette classification pour tenter de caractériser les différents savoirs visés par les formateurs au cours des séances de formation observées et d'avoir ainsi accès à la composante cognitive des formateurs. Enfin, nous nous sommes appuyée sur la typologie des *stratégies de formation* développée par Kuzniak et Houdement (1996) dont nous reprenons ici les définitions qu'ils proposent :

- les stratégies culturelles. J'ai nommé ainsi les stratégies qui privilégient l'accroissement des connaissances dans le domaine des mathématiques sans préjuger de la mise en œuvre opérée dans les classes par les étudiants. [...].
- les stratégies de recherche applicative. J'ai appelé ainsi les stratégies très ambitieuses qui visent à former les étudiants par la recherche [...]
- les stratégies basées sur l'autonomie. Dans ce cas, une très grande autonomie est laissée aux étudiants : ils doivent faire des exposés, traiter des thèmes du programme avec uniquement des pistes bibliographiques et ces exposés tiennent lieu d'évaluation. [...]
- les stratégies basées sur la monstration. Il s'agit de transmettre une pratique en la montrant à des étudiants et en les faisant imiter. [...]
- les stratégies basées sur l'homologie. C'est aussi un modèle fondé sur l'imitation, mais une imitation complexe et transposée par le formé. Ce dernier doit mettre en place un modèle de formation inspiré de celui qu'il a pu vivre en tant qu'étudiant dans la formation. [...]
- les stratégies basées sur la transposition. Elles s'opposent aux précédentes par l'insistance mise sur la distanciation théorique. Elles se proposent de

transmettre des savoirs de référence mais portant sur la pratique de classe ce qui les distingue des stratégies culturelles [...].

Enfin, pour compléter ces éléments qui rendent compte de la composante médiative, nous utilisons, dans notre analyse des formations, la notion de « posture épistémologique » proposée par Sayac (2012), à partir des travaux de DeBlois et Squalli (2002). Sayac définit ainsi trois types de postures dans lesquelles « le professeur stagiaire peut être engagé par le formateur » (Sayac, 2012, p. 122) : la posture d'élève quand le stagiaire est confronté à des activités qu'il doit réaliser de la même façon qu'un élève le ferait à l'école, la posture d'étudiant quand le stagiaire doit réaliser des activités qui vont lui permettre de se former en tant qu'enseignant et enfin et la posture d'enseignant quand le formateur le considère comme tel. Ces postures sont par ailleurs liées aux stratégies de formation choisies par le formateur.

La seconde spécification concerne les situations utilisant des outils technologiques : pour cela, nous nous sommes appuyée sur le travail d'Abboud et Rogalski (2017) qui proposent une analyse selon trois axes cognitif, pragmatique et temporel des *tensions* et des *perturbations* observées dans l'itinéraire cognitif. Ces tensions et perturbations sont « des manifestations de conflits entre la visée de l'enseignant (du formateur pour notre transposition) de maintenir l'itinéraire cognitif voulu et la nécessité de s'adapter aux phénomènes qui surgissent et qui sont dus à la dynamique de la situation de classe (de formation pour notre transposition). Ces tensions, lorsqu'elles ne sont pas gérées ou le sont de façon inappropriée conduisent à des perturbations qui éloignent le travail mathématique en classe de l'itinéraire prévu ».

Ces deux spécifications nous permettent d'adapter les outils didactiques existants pour l'analyse des situations d'enseignement à l'analyse de situations de formation utilisant un outil technologique.

2. Méthodologie

En premier lieu, nous avons pris des renseignements auprès des formateurs de mathématiques de deux INSPÉ (Versailles et Centre Val de Loire) pour savoir si les contenus d'algorithmique et de programmation étaient traités au cours de la seconde année de formation des ES, et, si oui, par quel type de formateur. Cette première exploration ou *enquête préliminaire* nous a permis plusieurs constats : tout d'abord que ce contenu n'est pas systématiquement proposé et, d'autre part, que différents « types » de formateurs sont susceptibles d'intervenir dans cette formation à l'algorithmique et à la programmation, lorsqu'elle existe : les formateurs des Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Enseignement (TICE) et les formateurs de mathématiques. Enfin, dans le cas où les deux formateurs de mathématiques et de TICE abordent « parallèlement » le contenu d'algorithmique et de programmation, il n'y a pas toujours de coordination de ces différentes

interventions ni même de connaissance mutuelle de ce qui est proposé. Ces premiers constats nous ont amenée à choisir d'observer les formations proposées par des formateurs de mathématiques mais aussi de TICE afin de comparer les approches. Cinq formateurs de mathématiques et de TICE aux profils assez divers (ancienneté dans la formation, expériences d'enseignement, domaines d'interventions, etc.) intervenant dans ces deux INSPÉ ont été sollicités : un entretien guidé par un questionnaire (annexe 2) a été mené avec chacun d'entre eux. Ces entretiens ont fait l'objet d'une transcription complète permettant une analyse détaillée des réponses.

Pour compléter cette première étude, nous avons mené trois observations de formations. Pour ces observations, nous avons choisi trois des formateurs interrogés, différents du point de vue de leur domaine d'intervention mais exerçant dans une même INSPÉ de façon à minimiser l'influence des composantes sociale et institutionnelle, ces formateurs utilisant la même maquette de formation. Nous avons ainsi observé la formation de Simon, formateur TICE, de Céline, formatrice à la fois de TICE et de mathématiques et de Tristan, formateur de mathématiques. Ces formations ont été filmées et analysées.

Le choix du cadre théorique de la double approche appelle une analyse des pratiques des formateurs par la reconstitution des cinq composantes. Nous pouvons accéder aux éléments de la composante cognitive par l'analyse *a priori* du scénario de formation et des tâches proposées aux ES. L'analyse des déroulements, quant à elle, nous renseigne sur la composante médiative du formateur. Ces analyses sont réalisées à partir des vidéos des séances et des documents distribués aux ES pendant la séance. Chaque séance est ensuite chronométrée et découpée en épisodes² et chaque épisode est caractérisé en termes de savoirs de formation, de stratégie de formation et de posture épistémologique du formateur et des ES. Nous étudions ensuite le déroulement de la formation en identifiant les différentes tensions et perturbations que nous tentons d'expliquer en utilisant les trois axes définis par Abboud-Blanchard (2013), notamment l'axe temporel dans la mesure où « la chronologie nourrit l'analyse de la gestion des incidents, notamment quant à l'influence du temps qui passe » (Roditi, 2008) mais aussi en se référant aux déterminants des pratiques des formateurs.

En ce qui concerne les composantes à accès indirect, à savoir les composantes sociales, institutionnelles et personnelles, nous nous sommes appuyée sur les entretiens, menés à partir du questionnaire « guide » destiné à recueillir des informations concernant :

² Nous entendons la notion d'« épisode » au sens de Roditi (2008), à savoir un temps qui « correspond souvent à la réalisation d'une tâche, éventuellement de plusieurs tâches lorsque celles-ci répondent au même but pour l'enseignant ».

- le rapport du formateur à l'algorithmique et à la programmation ;
- le rapport du formateur au logiciel Scratch en particulier ;
- le rapport à l'enseignement de l'algorithmique et la programmation ;
- les contraintes institutionnelles ;
- les habitudes de formation ;
- la connaissance de la formation et du public des ES.

Les éléments d'information obtenus lors des entretiens nous ont donné quelques clés supplémentaires pour comprendre les choix des formateurs relatifs aux formations proposées.

Dans la partie qui suit, nous allons présenter l'analyse des formations.

3. Analyse des formations

Dans cette partie, nous allons tout d'abord détailler le cas particulier de la formation proposée par Tristan, formateur de mathématiques, puis nous ouvrirons sur les résultats obtenus grâce à l'analyse des deux autres formations observées, celles de Céline et de Simon.

3.1. Analyse de la formation de Tristan

La séance de formation de Tristan a duré trois heures et s'adresse donc à des ES. Il s'agit de l'unique séance de formation proposée par Tristan sur ce thème. Seule l'analyse de la première activité proposée sera présentée, à titre d'exemple du fonctionnement de la méthodologie utilisée. Cette analyse a été réalisée à partir de la vidéo et des documents distribués aux ES pendant la formation. Celle-ci a été complétée par les réponses de Tristan au questionnaire d'entretien qui sont présentées synthétiquement dans le tableau 1.

L'analyse de la formation, croisée avec les éléments déclaratifs recueillis lors de l'entretien nous permet d'accéder aux pratiques de formation par la recombinaison, au moins partielle, des différentes composantes.

Tableau 1.

	Tristan
Domaine de formation	mathématiques
Formation initiale	mathématiques + concours d'enseignement de la fonction publique (agrégation mathématiques)
Expérience de formation	+10 ans
Expériences d'enseignement	second degré (collège)
Savoirs d'enseignement possibles	Les langages informatiques, l'algorithmique, l'approfondissement de certains contenus mathématiques (exemple du carré donné)
Pratique habituelle des TICE en formation	Montre aux ES des outils TICE ou des activités possibles utilisant les TICE à mettre en place dans leurs classes
Savoirs de formation	informatiques : initier les ES au logiciel Scratch professionnels et didactiques : donner aux ES des « idées » d'activités-élèves possibles avec le logiciel de programmation Scratch
Stratégie de formation	homologie avec transposition par confrontation et explicitation

3.1.1 Analyse a priori de la formation

Comme nous l'avons expliqué dans la partie II, nous étudions une pratique de formation en utilisant une transposition du cadre de la DADE. Pour cela, nous tentons de comprendre l'*itinéraire cognitif* que le formateur se propose de faire suivre aux ES. Cela nous permet de définir les *activités possibles* des formés en anticipant la manière dont ils vont pouvoir – ou non – utiliser leurs connaissances pour traiter les tâches qui leur sont proposées. Il s'agit donc de déterminer les procédures possibles, procédures qui conditionnent les apprentissages notionnels, didactiques et professionnels possibles pour les ES.

Pour réaliser cette analyse *a priori*, nous ne disposons que du document que Tristan a prévu de distribuer aux ES au début de la séance de formation. Ce document est visible en annexe 1.

Description des activités prévues par Tristan

Les activités d'algorithmique et de programmation prévues par Tristan pour sa séance de formation concernent toutes l'utilisation du logiciel de programmation Scratch qui utilise un langage de programmation simple (le code est inscrit dans la

langue maternelle sous forme de briques de couleurs) permettant notamment aux enfants de programmer le déplacement sur une scène d'un « lutin ». Ce langage de programmation est celui proposé dans les documents « Ressources » des Programmes de l'école et du collège depuis 2015.

Tristan propose une première activité géométrique : « Variations autour de la construction du carré » qui se décline en sept exercices. Ces exercices, présentés ci-dessous, portent notamment sur la construction du carré en position prototypique puis « penché » par rapport aux axes horizontaux et verticaux de la scène de Scratch.

Exercice 1.1 : Tracer un carré à l'aide des sommets

Les ES doivent choisir un nouveau lutin, lui associer un script qui est fourni, puis associer ce script au lutin « chat » et enfin modifier ce script pour obtenir une décomposition du mouvement.

Exercice 1.2 : Tracer un carré à l'aide de ses côtés

Les ES doivent écrire un script permettant le tracé d'un carré : les briques à utiliser sont fournies. Il s'agit des briques de mouvement « avancer de ... » et « s'orienter à... ».

Exercice 1.3 : tracer un carré en boucle à l'aide de ses côtés

Les ES doivent écrire un script similaire à celui de l'exercice 2 mais qui utilise une boucle. La brique de la boucle est donnée.

Exercice 1.4 : tracer un quadrilatère oblique qui pourrait être un carré

Les ES doivent recopier un script fourni, le tester, conjecturer sur la nature du quadrilatère obtenu puis réaliser la démonstration.

Exercice 1.5 : tracer un quadrilatère oblique qui est sûrement un carré

Les ES doivent justifier qu'un script donné permet bien d'obtenir un carré.

Exercice 1.6 : tracer un carré avec des briques créées pour qu'un élève puisse les utiliser

Les ES doivent créer des briques permettant de tourner d'un quart de tour, de s'orienter vers la droite et d'aller à d'un point de coordonnées (x ; y) à un point de coordonnées (x+a ; y).

Avec ces briques, les ES doivent ensuite produire le script de la construction d'un carré, script compréhensible par des élèves de l'école élémentaire.

Exercice 1.7 : tracer un carré plein

Les ES doivent proposer un script pour tracer un carré plein. Aucune indication n'est fournie aux ES.

Mise en évidence des *savoirs possibles* de formation

Concernant les savoirs informatiques, les exercices proposés permettent aux ES d'acquérir de façon progressive une capacité à comprendre le langage de programmation Scratch, à le prendre en main et à l'adapter à des besoins professionnels spécifiques (créations de briques adaptées pour des élèves de l'école élémentaire dans l'exercice 1.6). Les notions de « programme », de « script » et d'« instruction » sont présentes dans tous les exercices, même si elles restent très contextualisées au langage utilisé. Les tâches proposées pour le développement de ces savoirs sont variées et progressives : observer, comprendre, agencer, compléter, construire, créer. Pour cette initiation au langage et aux premiers concepts d'algorithmique et de programmation, Tristan choisit le contexte des déplacements spatiaux et des tracés géométriques (instructions de position et de mouvement), ce qui est en cohérence avec les programmes de l'école élémentaire. La notion de « boucle » est également envisagée dans l'exercice 1.3 comme une amélioration du script de la construction du carré, cette amélioration permettant d'éviter des répétitions d'instructions. Là encore, cette notion reste très contextualisée à l'instruction de répétition dans le langage Scratch. Cette introduction semble par ailleurs un peu artificielle dans ce contexte. En effet, on peut penser que ce nombre de répétitions (4) ne permettra pas aux ES de ressentir le besoin d'une instruction de répétition. La boucle apparaît davantage comme une contrainte extérieure venant du formateur que comme la réponse à un problème auquel les ES seraient confrontés. En conclusion, les notions informatiques vont être utilisées de façon très contextualisée au langage et comme outils pour générer des déplacements spatiaux, déplacements permettant le tracé de figures géométriques.

Le fait que les exercices 1.3 et 1.4 portent sur les éléments de justification de la nature de la figure obtenue laisse penser que les savoirs mathématiques, et en particulier les savoirs géométriques sur les propriétés du carré, constituent un des objectifs de la formation de Tristan. Les exercices concernent tous la construction d'un carré. Les exercices 1.1 et 1.4 mettent en jeu la construction d'un carré à partir de ses sommets et font, de ce fait, intervenir la notion de coordonnées de points dans un repère. Contrairement à ce qui se passe en contexte papier/crayon, l'interface impose de placer les points dans un certain ordre, l'action de tracer ayant lieu simultanément au placement des points. Dans l'exercice 1.4 se pose la question de la justification de la nature de la figure obtenue. Pour ce faire, une première possibilité est de travailler avec les vecteurs (orthogonalité et normes). Une deuxième possibilité est de tracer le carré « droit » dans lequel est inscrit le carré « penché » et d'utiliser le théorème de Pythagore dans les triangles rectangles qui apparaissent dans cette construction. Enfin, une dernière possibilité est de démontrer que les quatre triangles rectangles obtenus sont isométriques. Il est ensuite nécessaire de mener un raisonnement (assez élémentaire) sur les angles pour prouver qu'ils sont

droits. La deuxième justification est sans doute celle attendue par Tristan, les vecteurs n'étant pas une notion à la portée de tous les ES. Cependant, cette justification demande de nombreuses adaptations de connaissances³ de la part des ES. Les exercices 1.2, 1.3 et 1.5, quant à eux, mettent en jeu la construction du carré à partir de ses côtés, en utilisant les instructions « avancer de » et « tourner de ». La justification de la nature du quadrilatère obtenu dans l'exercice 1.5 est plus élémentaire puisqu'elle s'appuie sur les propriétés d'égalité des mesures des longueurs des côtés et des angles droits même si celle-ci demande de prendre en compte le contexte des déplacements spatiaux (les angles deviennent des pivotements). Dans l'exercice 1.6, intitulé « Tracer un carré avec des briques créées pour qu'un élève puisse les utiliser », Tristan vise la construction par les ES d'une nouvelle brique « tourner d'1/4 de tour ». L'introduction de cette nouvelle unité d'angle (le tour complet) permet ainsi d'éviter la mesure des angles en degrés, notion qui n'est pas présente dans les programmes de l'école élémentaire. La conception des nouvelles briques permettant ce changement d'unité peut cependant être complexe pour des ES. En effet, une nouvelle brique correspond à un programme informatique complet ; on peut donc penser que cette activité sera à l'origine d'une tension cognitive.

En conclusion, Tristan conçoit les activités autour de Scratch avec un double objectif pour les ES : les initier aux premiers concepts informatiques à travers la manipulation du logiciel Scratch et les amener à réfléchir sur certains contenus mathématiques de l'école élémentaire (le carré et ses propriétés dans cette première activité). On remarque cependant que certaines justifications mathématiques font intervenir des outils mathématiques qui ne correspondent pas aux mathématiques « à enseigner » au niveau élémentaire.

Enfin, concernant les contenus didactiques, Tristan compte certainement sur la démarche d'homologie de la part des ES. Aucun élément de transposition vers une pratique de classe n'est visible dans le document distribué même si l'exercice 1.6 montre que Tristan prend en compte certains besoins professionnels des enseignants en formation pour lesquels la problématique sera d'adapter cet outil informatique aux élèves de l'école élémentaire et au contexte des déplacements spatiaux (contexte des programmes de l'école).

³ Il s'agit ici d'une notion utilisée dans le cadre de la DADE. Pour Robert (2008, pp. 48-49), il existe sept types d'adaptations de connaissances qui correspondent « aux activités que les élèves peuvent avoir à faire à partir des connaissances brutes qui leur sont données et en distinguant ce qui est reconnaissance de propriétés, de certaines modalités d'application ou ce qui est introduction d'intermédiaire, qui nous semble être une autre activité très importante en mathématiques, en distinguant aussi tout ce qui est mélange, mise en relation, changement de cadre [...] ».

3.1.2 Analyse du Déroulement de la formation de Tristan

Pour réaliser l'analyse *du déroulement* en cohérence avec les outils théoriques convoqués, nous avons découpé la séance en épisodes que nous avons caractérisés en termes de savoirs de formation, de stratégie de formation et de posture épistémologique du formateur et des ES.

La succession des épisodes principaux est visible dans le tableau 2.

Tableau 2.

Nature travail : type, forme, durée	Interventions du formateur	Activités proposées aux ES	Savoirs de formation	Stratégie de formation	Posture de l'ES
Épisode 2 : activité préliminaire 17'30 (9'30)	Explique, montre	Expérimentent en même temps que le formateur	D1 : informatiques (instructions, script, lutin, scène)	Homologie	élèves
Épisode 3 : exercice1.1 50'05 (32'35)	Explique le script, détaille les étapes	Réalisent le script en même temps que le formateur Posent des questions	D1 : mathématiques (coordonnées / justification de la nature de la figure obtenue) et techniques	Homologie	élèves
Épisode 4 : exercice1.2 68'40 (18'35)	Présente, enrôle, corrige, institutionnalise	Réalisent le script Echangent, questionnent, font des remarques	D1 : informatiques et mathématiques (orientation notamment)	Homologie	élèves
Épisode 5 : exercice1.3 76'55 (8'15)	Explique le travail possible avec des élèves	Échangent avec le formateur	D1, D2 et D3	Monstration	étudiants

Épisode 6 : exercice1.5 83'40 (6'45)	Passe la consigne, sollicite une étudiante pour venir réaliser le script au TNI Engage une discussion sur la nature de la figure obtenue	Réalisent le script en même temps que la collègue / répondent aux questions du formateur / débattent / justifient mathématiquement la nature de la figure obtenue	D1 : adaptation du script pour obtenir un carré penché T1 : faire justifier aux élèves la nature des figures obtenues	Homologie Quelques éléments de transposition	élèves
Épisode 7 : exercice1.4 96'55 (13'15)	Réalise les scripts de l'exercice1.4 Explique, interroge les ES	Étudient le script, discutent, débattent Écotent	D1 : mathématiques (Justification de la nature du carré par la sur-figure)	Culturelle	élèves
Épisode 10 : création de nouvelles briques exercice1.6 147'40 (35')	Explique et montre la construction de nouveaux blocs pour les adapter aux élèves de l'école	Écotent Répondent aux questions du formateur Anticipent les effets des nouveaux blocs	D1 : mathématiques Informatiques (fabrication des nouveaux blocs) T3 : adaptation des instructions aux élèves de l'école	Culturelle	élèves étudiants

Tristan organise l'activité des ES de façon assez traditionnelle sous forme d'une succession d'exercices à résoudre. Il présente la situation, laisse quelques minutes aux ES pour effectuer la tâche demandée puis organise une correction collective suivie d'une courte synthèse des éléments à retenir. Le fait que le travail se réalise sur un ordinateur a des conséquences sur la façon dont sont gérées chacune de ces étapes :

- Tristan a tendance à présenter les activités au tableau, en affichant des scripts préparés à l'avance ou en réalisant les scripts devant les ES ;
- Tristan a peu de visibilité sur ce que réalisent les ES ;
- l'aide apportée par Tristan est individualisée et essentiellement procédurale et manipulatoire : Tristan a tendance à prendre la souris pour modifier directement le script de l'ES en difficulté ;
- Tristan explique « en action » la construction du script, le rôle de chacune des briques, les effets attendus, etc.

Pendant la recherche, les ES échangent entre eux. En revanche, les ES participent peu à la correction et il y a très peu d'échanges collectifs ou de débats. En effet, la transcription du déroulement et le minutage des interventions montrent que le temps de parole de Tristan est très important : il donne des explications pendant la présentation des situations, pendant la correction et pendant la synthèse.

Plus la formation avance, plus Tristan a tendance à écourter les temps de recherche. A deux reprises, une ES est sollicitée pour venir réaliser le travail au tableau dès que la consigne est donnée. La modalité de travail choisie par Tristan impose un même rythme de travail pour tous les ES. Cette volonté de maintenir un rythme commun de travail est sans doute une façon qu'a Tristan de maintenir l'itinéraire cognitif prévu. Pendant toute la durée de cette première activité autour de la construction du carré, on remarque une accélération du travail, accélération due certainement à la volonté de Tristan de coller avec l'itinéraire cognitif prévu : en effet, il apparaît que Tristan souhaite absolument amener les ES jusqu'à l'activité de création de briques (épisode 10) car il considère que « c'est important ». Il va jusqu'à présenter aux ES en début de formation cette activité comme « le but du jour ». Pour atteindre ce but, il accélère donc, et sans doute inconsciemment, le temps consacré aux exercices de la première activité. Cette accélération se fait au détriment de la mise en activité des ES : en effet, Tristan laisse à peine le temps aux ES de chercher et propose très rapidement une correction en réalisant lui-même les scripts sur le TNI ou en sollicitant un ES pour le faire. On a donc une contraction des temps de recherche et de correction : les ES font en même temps que le formateur qui explique « en action ». On peut interpréter de la même manière le fait que Tristan introduise directement, sans recherche aucune de la part des ES, la notion de boucle. Présenter les savoirs de façon « descendante » en court-circuitant la phase de mise en activité et de recherche permet de gagner du temps. Par ailleurs, Tristan ne consacre qu'une seule séance de formation à l'algorithmique et à la programmation mais considère que c'est insuffisant. Il dit (en off) à la fin de la séance, qu'il serait nécessaire d'y consacrer plusieurs séances et à un autre moment qu'« il faudrait faire quatre ou cinq séances ». Le fait que Tristan choisisse de ne proposer qu'une seule séance s'explique sans doute par une tension temporelle plus globale relative au temps de formation des ES en mathématiques.

Comme nous l'avions supposé dans l'analyse *a priori* des contenus notionnels, les savoirs mathématiques constituent un enjeu important de la formation ; Tristan explique dès les premières minutes de la formation que son idée, c'est « de faire des mathématiques... » et il précise qu'ils vont « faire de la géométrie ». Il choisit donc de présenter les savoirs informatiques en lien avec le déplacement du lutin et montre très rapidement comment s'y prendre pour obtenir la trace du mouvement. Il insiste également sur les coordonnées du lutin dans l'espace de la scène. Les synthèses des exercices portent systématiquement sur des aspects mathématiques, en particulier

sur la nature des figures obtenues. En ce qui concerne la construction du carré à partir de ses sommets, les éléments de justification ne semblent pas familiers aux ES, ce qui génère une tension cognitive. Deux éléments de nature différente peuvent expliquer cette difficulté : d'une part, le contexte de construction à partir de déplacements spatiaux lié au logiciel Scratch n'est pas familier aux ES et d'autre part, les éléments mathématiques de justification mettent en jeu des objets mathématiques complexes pour les ES : en effet, montrer l'égalité des côtés nécessite de manipuler des coordonnées de points pour calculer des longueurs (les points étant sur un axe horizontal ou vertical) et la question des angles droits nécessite de recourir à la perpendicularité des axes du repère de la scène (les axes en question n'apparaissant pas explicitement sur la scène). Pour tenter de résoudre cette tension cognitive, Tristan a recours au contexte papier/crayon pour les aider à se représenter les actions effectuées, et par là-même, les propriétés utilisées : « si jamais on utilisait un crayon et une règle ? ça reviendrait à quoi faire ? [...] Ben ça reviendrait à placer les quatre points qui sont ici et à relier ces quatre points avec une règle... [...] Donc on lui donne les quatre sommets et on relie les quatre sommets ». Malgré ce changement de contexte, c'est Tristan qui doit formuler les éléments de justification, ce qui montre que les éléments mathématiques attendus ne sont pas disponibles par les ES et c'est finalement Tristan qui explicite lui-même les éléments de la démonstration :

Pourquoi c'est un carré ? On le voit bien... On a les traits horizontaux qui ont une longueur égale à 200 pixels : on va de (100 ; -100) à (100 ; 100) soit 200 pixels en hauteur donc évidemment, on a tourné, heu..., on a des angles de 90° parce qu'on se déplace sur l'axe des abscisses puis des ordonnées et les deux axes de coordonnées sont perpendiculaires donc on a quatre angles droits et on a évidemment quatre côtés qui ont exactement les mêmes longueurs.

Pour l'exercice du « carré penché », on a vu dans l'analyse *a priori* que les éléments de justification sont complexes puisque la démonstration de la nature du quadrilatère nécessite l'utilisation du carré « droit » dans lequel le carré « penché » est inscrit, ainsi que des considérations sur l'utilisation de triangles isométriques et sur les angles (et en particulier la somme des angles d'un triangle). Pour justifier de la nature du quadrilatère, certains ES proposent de réaliser des soustractions de coordonnées, sans arriver à préciser quelles valeurs prendre en compte : « Moi j'dirais bien une p'tite soustraction avec les coordonnées... ». Ils tentent en fait d'utiliser la procédure mise en place dans l'exercice précédent. Une autre ES remarque certains éléments de symétrie dans les couples de coordonnées mais cette idée est rapidement mise en défaut par les autres ES. Tristan reprend la main et présente des amorces de justification liées à l'utilisation du théorème de Pythagore puis des triangles isométriques. La façon dont il traite la démonstration laisse penser que, pour Tristan, ces éléments de justification ne constituent pas un objectif de formation mais permettent d'illustrer le fait que les problématiques liées à la construction du carré

peuvent mettre en jeu des connaissances mathématiques diverses, plus ou moins complexes.

Dans les exercices 1.2 et 1.3 qui mettent en jeu la construction du carré à partir de ses côtés, Tristan n'accompagne pas les ES dans le passage de la géométrie des déplacements à la géométrie papier/crayon habituelle (« tourner de 90° » correspond à tracer un angle droit).

Concernant les objectifs informatiques liés aux concepts de base d'algorithmique et la programmation, Tristan les explicite : il s'agit pour lui de rendre les ES « relativement autonomes pour faire des figures simples... ». Pour Tristan, cela demande de « savoir pas mal de choses » mais les concepts informatiques ne sont ni caractérisés, ni décontextualisés. Par ailleurs, un temps conséquent est consacré à l'activité de création de nouvelles briques. Pour Tristan, la « seule difficulté » réside dans la manipulation du logiciel, à savoir où trouver les nouveaux blocs, comment y insérer du texte ou des nombres, etc. Tristan ne voit dans cet épisode qu'une difficulté manipulative, qu'il a d'ailleurs tendance à minimiser ; en effet, quand il présente l'activité, il dit aux ES que « c'est très facile ». Il se trouve que, dans le déroulé, les ES semblent avoir de vraies difficultés à comprendre la façon dont ces nouvelles instructions sont construites et dont elles fonctionnent. Tristan n'explique pas que ces nouvelles instructions créées sont définies par des scripts qu'il faut concevoir. En effet, ces nouveaux blocs sont pluriels, composés d'une nouvelle instruction (d'un chapeau) et d'un programme associé qui la définit. Des difficultés liées à la compréhension du fonctionnement de ces nouvelles briques apparaissent. Tristan atténue cette nouvelle tension cognitive de deux façons : d'une part en apportant une aide manipulative procédurale importante dans la construction des briques et d'autre part en redonnant des explications sur les effets de ces briques. Cependant, le principe même de la conception (informatique) de ces nouvelles briques ne semble pas acquis pour la plupart des ES à l'issue de la formation. Or, cette compréhension conditionne leur capacité à adapter les briques à leurs élèves de l'école élémentaire.

3.1.3 Synthèse de la formation de Tristan

Les savoirs notionnels mis en avant par Tristan dans sa formation sont des savoirs de base en informatique contextualisés au langage Scratch et des savoirs géométriques en lien avec des objets géométriques travaillés à l'école élémentaire. Tristan insiste sur le fait que l'utilisation du logiciel de programmation Scratch permet, non pas de construire les notions, mais de les réinvestir et peut-être de les interroger dans un contexte nouveau avec des contraintes particulières imposées par l'interface de Scratch. De ce point de vue, ce que Tristan fait en formation est en cohérence avec ses réponses au questionnaire d'entretien (tableau 1). Le choix de placer les apprentissages mathématiques au centre de la formation à l'algorithmique

et la programmation peut s'expliquer par certains déterminants personnels de Tristan. Tristan est un formateur de mathématiques qui a une grande ancienneté dans la formation et une excellente connaissance du public des ES et des programmes de l'école. Ce qui l'intéresse (déclaratif), c'est de faire réfléchir les ES sur certaines connaissances mathématiques qui lui semblent fondamentales à enseigner : il a de ce point de vue une démarche militante ; il se sert donc de cette opportunité que représente l'apparition de l'algorithmique et la programmation dans les programmes de l'école pour travailler sur certaines notions mathématiques que les ES auront à enseigner. De ce point de vue, il est aussi en cohérence avec les Instructions Officielles qui inscrivent cette initiation à l'algorithmique et à la programmation dans les apprentissages mathématiques. Cependant, Tristan ne questionne pas le contexte nouveau des déplacements spatiaux pour produire des tracés géométriques, masquant ainsi les différences entre la géométrie dans un contexte papier/crayon et la géométrie des déplacements. Par ailleurs, certaines justifications attendues mettent en jeu des connaissances mathématiques de lycée qui ne sont pas toujours mobilisables par les ES et qui ne sont pas transférables à des pratiques de classe élémentaire. Les aides apportées (essentiellement procédurales manipulatoires) et l'évitement de certaines tensions cognitives peuvent laisser penser à Tristan que l'itinéraire cognitif est maintenu ; cependant, il n'en est rien et les ES, dans l'hypothèse où ils tenteraient de transposer ces pratiques, seraient confrontés de plein fouet aux tensions cognitives que Tristan a habilement su éviter.

Tristan propose également aux ES une initiation aux premiers concepts informatiques par la manipulation du logiciel Scratch. Les tâches que propose Tristan pour réaliser cette initiation sont progressives et variées, ce qui peut s'expliquer par la bonne connaissance que possède Tristan de cette interface et du public des ES. On peut remarquer néanmoins que le temps court de la formation et les tensions temporelles qui y sont associées poussent Tristan à adopter à de nombreuses reprises une stratégie culturelle sous forme d'apports « descendants » (comme au moment de l'introduction de la boucle). En revanche, Tristan choisit de consacrer un temps conséquent à faire en sorte que les ES puissent adapter l'interface à leurs besoins professionnels en leur proposant d'apprendre à construire des instructions adaptées à des élèves de l'école élémentaire. On voit à travers cette proposition que Tristan connaît les contraintes d'enseignement spécifiques à l'école élémentaire et prend en compte dans ses objectifs de formation cette dimension professionnelle. Cependant, là encore, les contraintes temporelles et pragmatiques sont un obstacle à l'outillage réel des ES.

Concernant les stratégies de formation, Tristan compte probablement sur les démarches d'homologie pour transmettre des savoirs didactiques aux ES. Néanmoins, bien qu'il évoque à de nombreuses reprises le transfert à des situations de classe avec les élèves, il ne place pas les ES dans la position de se poser de réelles

questions didactiques et pédagogiques. Les ES vivent la formation comme des élèves. Par ailleurs, on remarque qu'à plusieurs reprises, il existe un décalage entre les mathématiques nécessaires pour faire les exercices et les mathématiques à enseigner. Enfin, aucune activité proposée ne permet de développer une attitude réflexive sur l'enseignement de ce contenu. Les contraintes temporelles de la formation poussent Tristan à ne proposer qu'une seule formation de trois heures autour de Scratch et à aborder les aspects informatiques, mathématiques et didactiques simultanément ; cela génère d'ailleurs à plusieurs reprises des tensions qui ont des conséquences, notamment sur le temps de recherche des ES.

3.2. Présentation synthétique des deux autres séances de formation

Les tableaux 3 et 4 suivants présentent de façon synthétique les éléments obtenus grâce aux analyses des deux autres formations observées.

Tableau 3.

	Profil du formateur	Savoirs de formation inférés	Temps de formation	Logiciel utilisé
SIMON	Formateur TICE	D1 : informatiques événement, séquence, boucle, condition, parallélisme, opérateur, donnée, variable prise en main du logiciel de programmation, utilisation des fonctions de déplacements et d'échanges de messages	4h	Logiciel de programmation Scratch Contexte des déplacements spatiaux pour produire des tracés géométriques Contexte d'animation (envoi de messages)
TRISTAN	Formateur Mathématiques	D1 : mathématiques « revisiter » la notion de carré, de triangle, de polygone régulier, de cercle à partir de déplacements spatiaux prise en main du logiciel de programmation, utilisation de la fonction de déplacements et de tracés	3h	Logiciel de programmation Scratch Contexte des déplacements spatiaux pour produire des tracés géométriques
CELINE	Formatrice TICE et mathématiques	D1 : informatiques (concepts de base) prise en main du logiciel de programmation, utilisation de la fonction d'animation	3h	Logiciel de programmation Scratch Contexte des animations

Tableau 4.

	Stratégie majoritaire	Posture épistémologique principalement convoquée chez les ES	Tensions principales repérées
SIMON	Culturelle	Élèves	Tensions cognitives nombreuses dues à la quantité de nouveaux concepts Tensions temporelles
TRISTAN	Homologie	Élèves	Tensions temporelles locale et globale
CELINE	Culturelle Homologie (Démarche de projet)	Élèves	Tension temporelle globale

Ces deux tableaux illustrent en particulier les résultats suivants : les choix concernant le temps de formation consacré au contenu d'algorithmique et de programmation (qui occasionne dans tous les cas des tensions temporelles), le logiciel utilisé lors de ces formations ou encore les stratégies majoritairement utilisées par les formateurs sont communs aux trois formations observées. En revanche, les savoirs de formation identifiés diffèrent et semblent déterminées par le profil du formateur.

4. Conclusion

Notre objectif était d'étudier les enjeux et les modalités des formations initiales des professeurs des écoles stagiaires à l'utilisation de l'algorithmique et de la programmation. L'analyse de trois séances de formation (dont celle de Tristan qui a été davantage détaillée dans le cadre de ce travail) croisée avec les réponses de quatre autres formateurs au questionnaire d'entretien nous mène aux constats suivants.

Tout d'abord, on constate certains choix communs aux formateurs observés : le temps de formation consacré au contenu de l'algorithmique et de la programmation ainsi que le logiciel utilisé lors de ces formations. Les trois formateurs consacrent une seule séance de formation pour ce contenu, ce qui engendre des tensions temporelles identifiées tant au niveau local (le temps de la séance) qu'au niveau global (le temps de l'année de formation). Ces tensions temporelles, conjuguées à des tensions cognitives, provoquent diverses perturbations qui éloignent les formateurs de leurs objectifs initiaux et leur laisse une impression d'insatisfaction⁴.

⁴ Deux d'entre eux formulent au cours de l'entretien qu'il faudrait y passer beaucoup plus de temps.

Cela explique sans doute qu'un certain nombre de formateurs INSPÉ, qu'ils soient formateurs de mathématiques ou de TICE, font le choix de ne pas aborder ce contenu avec les ES dans le cadre de la formation initiale des professeurs des écoles⁵. Le fait qu'ils choisissent tous de s'appuyer sur le logiciel Scratch est sans doute lié au fait que ce logiciel est mis en avant dans les documents institutionnels d'accompagnement des programmes pour le cycle 4 ainsi que dans les épreuves écrites du concours de professorat des écoles. Le choix de présenter et d'utiliser un seul logiciel explique que l'initiation aux concepts informatiques qui est proposée pour deux de ces formations reste très contextualisée au langage de programmation Scratch, les concepts étant utilisés comme des outils pour produire une animation ou un tracé.

Le second résultat de ce travail concerne les savoirs de formation. Ceux-ci concernent presque exclusivement les savoirs disciplinaires, ce qui rejoint les résultats de Sayac (2012) quand elle explique que « les formateurs privilégient l'axe disciplinaire des savoirs professionnels à transmettre en formation initiale par rapport à l'axe transversal ». Parmi ces savoirs disciplinaires, les savoirs notionnels (D1) sont largement majoritaires. Cependant, ces savoirs notionnels diffèrent d'un formateur à l'autre : Tristan utilise cette initiation à l'algorithmique et à la programmation pour amener les ES à se questionner sur certains objets géométriques qui relèvent des programmes de l'école élémentaire tandis que Simon et Céline visent des savoirs notionnels informatiques, le contexte mathématique pouvant même aller jusqu'à disparaître dans le cas de la formation de Céline. Cette absence de savoirs de référence partagés est à l'origine d'une définition « personnelle » de ces savoirs, définition qui semble liée aux déterminants des pratiques des formateurs.

Enfin, le dernier résultat concerne les stratégies de formation utilisées par les formateurs pour aborder ce contenu. Les stratégies culturelles et d'homologie sont majoritairement utilisées dans ces formations et les ES sont presque toujours engagés dans une posture d'élèves. On peut remarquer qu'il n'est pas toujours aisé de différencier ces deux postures, les ES étant novices du contenu informatique et du langage Scratch. Dans le cas des stratégies d'homologie, les éléments de transfert restent le plus souvent implicites et la stratégie d'homologie ne se différencie dans ce cas-là de la stratégie culturelle que par la nature des concepts et des objets mobilisés par le formateur. Ce résultat sur les postures majoritaires observées vient confirmer l'hypothèse de Sayac (2012) selon laquelle les stratégies seraient « dépendantes des notions mathématiques traitées pendant les séances (homologie pour les notions méconnues des étudiants, transposition et monstration pour les notions plus familières) ». Dans l'étude réalisée, les ES ne sont pas familiers du contenu et les formateurs utilisent donc majoritairement les stratégies culturelles et

⁵ Résultat obtenu lors de l'enquête préliminaire.

d'homologie, ce qui engage quasi exclusivement les ES dans une posture d'élèves. Ce constat peut également s'expliquer par les nombreuses tensions temporelles relevées. En effet, dans la mesure où la majorité des ES découvrent l'algorithmique et la programmation, il semble difficile pour le formateur, sur le temps d'une séance de formation, de les faire sortir de la posture d'« élèves » pour les amener à adopter une attitude réflexive sur ce contenu, condition nécessaire pour permettre une approche de savoirs didactiques et professionnels. Il apparaît par ailleurs que, sur ce contenu nouveau, les ES eux-mêmes soient en demande de cette posture d'« élèves », rompant ainsi avec l'idée que se font les formateurs des attentes des ES en lien avec la pratique de classe.

Enfin, l'entretien nous apprend que les formateurs interrogés manquent eux-mêmes d'expériences d'enseignement de ce contenu devant élèves, ce qui rend difficile d'assumer une approche professionnelle devant les ES. Nous avons également mis en évidence avec le cas de Simon notamment que, même si le formateur a lui-même une pratique de classe relative au contenu, cette pratique ne peut servir la formation qu'à condition que le formateur soit en mesure d'une réelle prise de recul par rapport à sa propre pratique et donc d'une certaine dépersonnalisation du contenu. Nous rejoignons ici un résultat d'Abboud qui constate que différents facteurs pesant sur le formateur (et notamment l'absence de savoirs de formation) se traduisent dans les formations « par une forte personnalisation des contenus et un manque de distanciation entre le formateur et le contenu de la formation » (Abboud-Blanchard, 2013, p. 45).

Bien que cette étude soit limitée à quelques formateurs, les éléments communs mis en avant dans ce travail ainsi que la convergence de certains résultats avec ceux issus d'autres travaux de recherche sur les formations nous laissent penser que la formation des professeurs des écoles en algorithmique et programmation dans le temps extrêmement contraint de la formation initiale est vouée à manquer d'efficacité et à n'avoir que des retombées minimales sur les pratiques des enseignants débutants.

Bibliographie

ACADEMIE DES SCIENCES (2013). *L'enseignement de l'informatique en France : il est urgent de ne plus attendre*. Institut de France.

ABBOUD-BLANCHARD, M. (2013). *Les technologies dans l'enseignement des mathématiques. Etudes des pratiques et de la formation des enseignants. Synthèses et nouvelles perspectives*, Note de synthèse pour l'Habilitation à Diriger des Recherches, Université Paris Diderot.

- ABBOUD-BLANCHARD, M., & ROGALSKI, J. (2017). Des outils conceptuels pour analyser l'activité de l'enseignant « ordinaire » utilisant des technologies en classe. *Recherche en didactique des mathématiques*, 37/2-3, 161-216, La pensée sauvage, Paris.
- BARLET-AUCLAIR, C. (2018), *Une étude des pratiques de formation initiale en algorithmique et programmation des professeurs des écoles*, mémoire de master 2 de Didactique des mathématiques, Université Paris-Diderot (publication interne à l'université).
- CRAHAY, M. (1987). Logo, un environnement propice à la pensée procédurale ? *Revue française de pédagogie*, 80(1), 37-56.
- DEBLOIS, L., & SQUALLI, H. (2002). Implication de l'analyse de production d'élèves dans la formation des maîtres. *Educational Studies in Mathematics*, 50, 212-237.
- EMPRIN, F. (2007). *Formation initiale et continue pour l'enseignement des mathématiques avec les TICE : cadre d'analyse des formations et ingénierie didactique*, Thèse de doctorat, Université Paris-Diderot – Paris VII.
- EMPRIN, F. (2019). *La question des savoirs dans la formation des enseignants aux mathématiques. De l'analyse des pratiques de formation à la simulation informatique en formation*, Note de synthèse pour l'Habilitation à Diriger des Recherches, Université de Reims Champagne Ardenne (URCA).
- HOUEMENT, C., & KUZNIAK, A. (1996). Autour des stratégies utilisées pour former les maîtres du premier degré en mathématiques. *Recherches en didactique des mathématiques*, 16/3, 289-322
- ROBERT, A. (2008). Une méthodologie pour analyser les activités (possibles) des élèves en classe. In *La classe de mathématiques : activités des élèves et pratiques des enseignants* Dir. (Vandebrouck). Octarès Editions, Coll. Formation, Toulouse.
- ROBERT, A., & ROGALSKI, J. (2002). Le système complexe et cohérent des pratiques des enseignants de mathématiques : Une double approche. *Canadian Journal of science, Mathematics and technology Education*, 2.4, 505-528.
- RODITI, E. (2008). Des pratiques enseignantes à la fois contraintes et personnelles et pourtant cohérentes. In *La classe de mathématiques : activités des élèves et pratiques des enseignants* Dir. (Vandebrouck). Octarès Editions, Coll. Formation, Toulouse.
- SAYAC, N. (2012). Pratiques de formateurs en mathématiques dans le premier degré. *Recherche et formation*, 71, 115-130.

CLARA AUCLAIR

CY Cergy Paris Université, Université Paris Cité, Univ Paris Est Creteil, Univ.
Lille, UNIROUEN, LDAR, F-95000 Cergy-Pontoise, France

`clara.auclair@cyu.fr`

Annexe 1

Algorithmique et programmation avec Scratch

Activité 1: Variations autour de la construction du carré

■ Exercice 1: Tracer un carré à l'aide des sommets

Réaliser le script ci dessous associé au lutin  lancer le programme et proposer un script amélioré permettant une décomposition du mouvement à associer au lutin .

```

quand cliqué est pressé
  effacer tout
  aller à x: 100 y: 100
  attendre 1 secondes
  relever le stylo
  stylo en position d'écriture
  aller à x: 100 y: 100
  aller à x: 100 y: 100
  aller à x: -100 y: 100
  aller à x: -100 y: -100
  relever le stylo
  aller à x: 200 y: 80
  
```

■ Exercice 2: Tracer un carré à l'aide des côtés

Ecrire un programme en Scratch pour que l'éditeur trace un carré de côtés 200 en partant du point $(-100, 100)$ et en utilisant les briques:

```

quand cliqué est pressé : effacer tout : relever le stylo : stylo en position d'écriture : attendre 1 secondes :
s'orienter à : avancer de :
  
```

On pourra utiliser une fois au début puis une fois à la fin la brique `aller à x: y:` pour déterminer le point de départ du tracé et le point de garage après le tracé

■ Exercice 3: Tracer un carré en boucle à l'aide des côtés

Ecrire un programme similaire au précédent mais qui utilise une boucle:

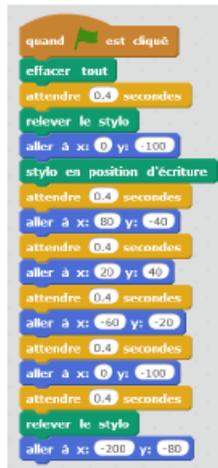
```

répéter fois
  
```

■ Exercice 4: Tracer un quadrilatère oblique qui pourrait être un carré

Réaliser le script ci dessous associé puis lancer le programme. Quelle est la nature de la figure obtenue? Justifier.

2 | 00 Scratch 11 et 18 janvier 2018 -TAF.nb



■ **Exercice 5: Tracer un quadrilatère oblique est sûrement un carré**

Proposer un script permettant de réaliser un carré oblique avec une justification élémentaire.



■ **Exercice 6: Tracer un carré avec des briques créées pour qu'un élève puisse les utiliser**

Ecrire un script permettant de réaliser un carré mais qui utilise les 3 briques à créer ci dessous:

◦ "tourner de 1/4 de tour" dans le sens que vous voulez ◦ "s'orienter vers la droite" ◦ "Aller à x: et y: ."

en y mettant que des nombres positifs

De cette manière le programme peut être compris par un élève d'école primaire

■ **Exercice 7: Tracer un carré plein**

Proposer un script permettant de réaliser un carré "plein"

Annexe 2**QUESTIONNAIRE****I. Pôle enseignant**

- Depuis combien de temps es-tu formateur(trice) ?
- Quelles sont tes connaissances « théoriques » en algorithmique et en programmation ? (formation initiale)
- Considères-tu t'être formé(e) à Scratch ? Si oui, avec quels outils ?
- As-tu enseigné dans le primaire ? Dans le secondaire ?
- As-tu mené des activités d'algorithmique/programmation avec tes classes ?
- Si oui à la question précédente, te sers-tu de cette expérience en formation ?
- Que penses-tu de l'apparition de ce logiciel dans les programmes de mathématiques ?
- Dirais-tu que Scratch est un nouveau contenu d'enseignement ou plutôt un nouvel outil pour des contenus déjà existants ?
- Quelles sont, selon toi, les difficultés, les freins à la mise en œuvre des séances Scratch dans les classes ?

Dis si tu es d'accord ou pas d'accord avec les affirmations suivantes :

Es-tu d'accord avec les affirmations ci-dessous ? Oui / Non

1. La confrontation des élèves à Scratch permet des apprentissages. Si oui, lesquels ?
2. La programmation permet de mieux comprendre le monde qui nous entoure
3. La programmation permet de développer la créativité des élèves
4. L'utilisation du logiciel Scratch améliore la motivation des élèves
5. L'objectif de la programmation à l'école est de former de futurs programmeurs
6. L'informatique est une discipline clé qu'il faut enseigner

7. Le rôle de l'enseignant est d'apprendre à l'élève l'utilisation du logiciel Scratch

8. L'utilisation de Scratch permet de considérer l'erreur d'une nouvelle manière

9. La façon de faire des mathématiques va être impactée par l'utilisation de Scratch

10. Scratch permet la mise en œuvre d'un apprentissage collaboratif

- Quels devraient, selon toi, être les objectifs retenus par un enseignant lors de la mise en œuvre d'une séance Scratch :

Choisis en 3 parmi la liste proposée et classe-les par ordre d'importance :

1. Pratiquer l'utilisation d'un ordinateur

2. Comprendre comment fonctionne un ordinateur

3. Utiliser un programme

4. Comprendre la notion d'algorithme

5. Construire des algorithmes

6. Comprendre et pratiquer une démarche de résolution de problèmes

7. Comprendre la notion de langage de programmation

8. Apprendre à programmer dans les langages de programmation

9. Atteindre un objectif mathématique (si choisi par le stagiaire demander lequel)

10. Initier les élèves à la pensée informatique

11. Faire réfléchir les élèves sur les questions de propriété intellectuelle, de traces numériques

12. Développer la créativité

II. Pôle formateur

- Utilises-tu les TICE avec les stagiaires ? Si oui, peux-tu me décrire une utilisation que tu en fait dans un dispositif de formation ?

- Que sais-tu de ce que propose le formateur TICE dans le cadre de la formation ?

- As-tu mené une formation à Scratch l'an dernier ?

- Prévois-tu d'en mener une cette année ?

- Si oui aux deux questions précédentes, prévois-tu de la faire évoluer par rapport à celle de l'an passé ? Comment ? Pourquoi ?

- Si oui aux deux questions précédentes, quelle est la place des activités papier/crayon ?

- Comment mènes-tu les autres cours ? Quelles sont les différences ?

- Te sens-tu contraint(e) de former les stagiaires à Scratch ?

- Mettre en place une formation à Scratch te demande-t-il peu d'efforts, des efforts, beaucoup d'efforts ?

- Si tu rencontres un problème technique d'utilisation du logiciel pendant ta séance de formation, que fais-tu ?

- Y a-t-il des pré-requis pour tes stagiaires à la mise en place d'une formation à Scratch ?

- Selon toi, quelles sont les attentes des stagiaires relativement au logiciel Scratch ?

Choisis 4 affirmations et classe-les par ordre d'importance

Pour une bonne formation, il faut :

1. Présenter les effets de Scratch sur les élèves
2. Présenter des situations toutes faites sur Scratch
3. Expliquer comment les situations exposées ou fournies ont été construites
4. Expliciter les objectifs d'apprentissage des situations
5. Que les formés vivent eux-mêmes des situations durant la formation (en tant qu'élèves)
6. Qu'il y ait confrontation entre les stagiaires
7. Mettre l'accent sur les démarches d'apprentissage
8. Que des enseignants utilisateurs réguliers soient présents
9. Que des situations de classe filmées soient présentées et analysées
10. Que les liens avec les apprentissages mathématiques soient explicités
11. Construire ou reconstruire avec les stagiaires des situations
12. Des références à des ressources qui proposent des activités
13. Une initiation au logiciel et à ses fonctionnalités