

UN CAS D'ETUDE AVEC SCRATCH A L'ECOLE PRIMAIRE : DISTANCE ET REPERES

HASPEKIAN* Mariam

Résumé – Dans le prolongement de nos travaux sur le développement professionnel avec les TIC, nous étudions cette fois l'introduction Scratch en primaire. Cette nouvelle mise à l'épreuve de nos outils d'analyse vise à en prolonger l'élaboration et, mis en perspective avec nos études précédentes, de discuter l'idée de *repères didactiques*, pour modéliser la pratique enseignante en termes de distance et repères.

Mots-clefs : pratiques enseignantes, informatique, Scratch, repères didactiques, distance instrumentale.

Abstract – In continuation of our research on the development of teaching practices with ICT, we study this time, the case of Scratch integration in primary school. This new testing of our analysis tools allows extending their elaboration: by putting the results in perspective with our previous studies, we discuss the idea of didactic “landmarks”, in order to model the teaching practice in terms of distance and landmarks.

Keywords: teaching practices, Scratch, computer science, didactical landmark, instrumental distance.

I. INTRODUCTION ET CONTEXTE DE LA RECHERCHE

Algorithmique, programmation, robots, logiciels tels Scratch, entrent dans les nouveaux programmes mathématiques français (primaire et secondaire). Il n'est plus seulement mention de nouvelles technologies, mais d'apprentissage informatique. Cette mutation peut perturber les pratiques en place pour que de nouvelles se développent. Qu'apprend-on à cette occasion des pratiques enseignantes avec les technologies ? Nous saisissons ainsi ce contexte changeant comme occasion de comprendre mieux les situations de développement professionnel, pour progresser dans leur modélisation théorique. Pour cela, nous étudions ici les débuts d'un enseignant incorporant Scratch en CE2, en mobilisant le cadre de l'approche instrumentale (Artigue 2002, Guin & Trouche 2004, Lagrange 2000), avec les outils issus de nos travaux antérieurs : l'idée de *double genèse instrumentale* et de *distance*. Ceci permet d'en prolonger l'élaboration en dégagant l'importance des *repères didactiques* (Haspekian, 2017), contre-pied de la distance, et opérant comme références dans les dynamiques en jeu le long de ces genèses instrumentales.

II. DISTANCE ET DOUBLE GENESE INSTRUMENTALE

Nous présentons ici plus avant l'idée de *distance aux pratiques*, ainsi que la distinction *genèse instrumentale personnelle-professionnelle*, en nous référant au contexte de recherche qui leur a donné naissance, l'intégration du tableur en mathématiques (Haspekian, 2006).

L'idée de distance instrumentale se veut souligner qualitativement l'impact de l'introduction de « nouveau » dans des pratiques installées, et mesurer quantitativement le déséquilibre produit par cette introduction en termes d'écart à ces pratiques : en effet, selon l'approche instrumentale, un nouvel outil technologique ne sera pas neutre, notamment sur les conceptualisations en jeu. La distance instrumentale identifiée dans le tableur, dans le cas de l'enseignement de l'algèbre, explique les résistances et difficultés d'intégration dans les pratiques enseignantes, ou encore les tendances des enseignants à évoluer avec le tableur vers des pratiques réduisant la distance (Haspekian, 2006). Dans nos travaux précédents, un autre cas de distance provoquée par du « nouveau » dans des pratiques anciennes, a été celui de l'algorithmique au lycée qui, bien qu'il ne s'agisse pas ici d'un outil TIC mais d'un domaine

*Université Paris Descartes, Sorbonne Paris Cité, mariam.haspekian@parisdescartes.fr

entier, montrait des phénomènes analogues à ceux d'une distance instrumentale¹, nous menant à étendre celle-ci à une « *distance aux pratiques usuelles en mathématiques* » (Haspekian & Nijimbéré, 2016). Pour la définir (Haspekian, 2017), nous utilisons les 5 *composantes* de la Double Approche (Robert & Rogalski, 2002), cadre qui modélise les pratiques en étudiant les contraintes *institutionnelles* et *sociales* pesant sur les choix que prend l'enseignant, selon sa propre *personne* (histoire, représentation de l'apprentissage, de la discipline), pour organiser le travail des élèves aux niveaux *cognitif* (choix de contenus, d'approche...) et *médiatifs* (gestion du temps, de l'espace...). Les facteurs qui contribuent à créer une distance se déclinent sur ces composantes. Le tableur en algèbre présente par exemple une distance aux niveaux : cognitif, personnel, institutionnel.

La genèse instrumentale (Rabardel, 1995) caractérise la relation d'un sujet à un artefact le long de son activité avec celui-ci. Appliquée au cas d'un sujet enseignant et d'un outil mathématique tel le tableur, *deux activités différentes* entrent en jeu : l'une personnelle (GIpe) menant pour l'enseignant (comme pour l'élève), à un tableur-instrument au service du travail mathématique, l'autre professionnelle (GIpro) s'ajoutant à la personnelle, menant cette fois le tableur vers un outil au service d'une autre activité, celle d'enseigner les mathématiques (fig1). Cet instrument didactique, bien que provenant du même artefact tableur, diffère du personnel. Tous deux existent pour le sujet enseignant. La GIpro consiste à développer des fonctions didactiques de l'outil, généralement non prédéfinies (encore moins dans le cas d'outils importés dans le monde éducatif tel le tableur), et les intégrer dans ses pratiques en cours. Pour illustrer cette différence de nature d'instrument auquel chacune des deux genèses mène, l'exemple des calculatrices de poche est assez révélateur. Pour devenir instrument didactique, de nombreuses situations, maintenant classiques, dites de « calculatrice contrainte » (dans l'affichage, l'utilisation...) ont vu le jour dans la littérature professionnelle comme en recherche (exemple Caron 2007, Del Notaro & Floris 2011) : situations de « touches cassées », calculatrices « défectueuses »... C'est bien l'objectif didactique d'enseignement (ici des mathématiques) qui produit cette « calculatrice » didactique, bien différente de la calculette usuelle, qui n'est ordinairement, ni défectueuse, ni avec des touches cassées...

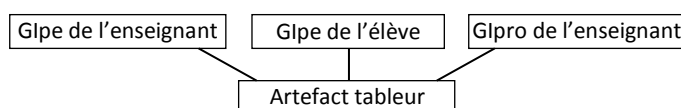


Figure 1 - Différents instruments à partir d'un même artefact via une GIpro pour l'activité didactique du professeur et des GIpe (élèves et enseignant) pour l'activité mathématique

Les GIpe et GIpro ne sont pas indépendantes et interfèrent l'une sur l'autre. Elles dépendent aussi de celles des élèves (Haspekian, 2014) : des schèmes doivent se développer pour organiser et accompagner les GIpe avec le tableur, outil de travail mathématique. Pointant ce nécessaire accompagnement, Trouche (2004) dégage les *orchestrations instrumentales* qui sont les configurations et modes d'exploitation de l'outil définis par l'enseignant. Celles-ci évoluent au fil d'expériences, le long d'une GIpro où des schèmes de l'activité s'enrichissent de connaissances sur les GIpe élèves et l'usage possible de l'outil.

Récemment, ces notions ont été appliquées à l'analyse des pratiques de 5 enseignants découvrant des robots pédagogiques ou Scratch². Nous reprenons ici l'un des cas observés,

¹ tensions et résistances, pratiques de juxtaposition (devoirs maison, activités isolées...) minimisant la distance.

² une présentation plus détaillée du cas de René avec les difficultés des élèves est donnée dans (Haspekian & Gélis, soumis)

René avec Scratch. L'objet de ce texte est de dégager l'idée de *repères didactiques*, discutée au §V, à partir de la mise en perspective de ces analyses avec nos travaux précédents.

III. CHOIX DES DONNEES ET METHODOLOGIE DE LA RECHERCHE

1. Contexte et méthodologie

Les données viennent du projet DALIE³ consacré à l'informatique à l'école primaire. Une équipe de chercheurs (France et Grèce) ont ainsi observé des enseignants volontaires, mais sans formation, ni consignes précises, pour utiliser Scratch ou des robots (Bee-bots, Thymio...) avec des élèves de 6-9 ans. Nous cherchons à cerner l'activité avec l'outil, les difficultés rencontrées, la façon dont naissent et se déploient les genèses en jeu, notamment les liens entre GIpe (professeurs et élèves) et GIpro (enseignant). Notre méthodologie, inspirée de Drijvers & al. (2013), consiste à analyser les orchestrations en place, leurs évolutions, par :

- l'analyse des tâches données dans l'environnement technologique en termes de techniques, schèmes et savoirs mathématiques et informatiques en jeu,
- les rôles de ceux-ci dans les genèses instrumentales des élèves,
- les éventuelles difficultés possibles et les interactions dans leur gestion par l'enseignant,
- l'articulation avec l'environnement papier-crayon ou les autres instruments déjà en place.

Nous avons alors recueilli plusieurs types de données : vidéos de classe, entretiens pré-post séances des enseignants, leurs documents préparatoires, et des entretiens avec les élèves.

2. Le logiciel Scratch

Pour les concepteurs⁴, le logiciel Scratch, profondément influencé et inspiré de Logo, permet une approche ludique de l'algorithmique. Selon eux, la programmation par déplacements de blocs est accessible aux plus jeunes, permettant d'apprendre d'importants concepts mathématiques telle la notion de variable en algèbre (Resnick 2007, p.21). Ainsi, Benton *et al.* (2017) utilisent Scratch pour approcher un ensemble conséquent de concepts mathématiques dont celui d'algorithme. Les programmes français y font aussi régulièrement référence à différents âges et toujours en lien avec les notions mathématiques. Par exemple, dès 6 ou 7 ans, il est proposé de « *coder des déplacements à l'aide d'un logiciel de programmation adapté* » (MEN 2015, p.86) afin d'amener dès l'âge de 8 ans « *à la compréhension, et la production d'algorithmes simples.* » (*ibid.*). A partir de 9 ans, les programmes de mathématiques mentionnent à plusieurs reprises une initiation à la programmation via « *les déplacements d'un robot ou ceux d'un personnage sur un écran* », initiation qui se poursuit en mathématiques sur tout le collège : « *Au cycle 4, les élèves s'initient à la programmation, en développant dans une démarche de projet quelques programmes simples, sans viser une connaissance experte et exhaustive d'un langage ou d'un logiciel particulier. En créant un programme, ils développent des méthodes de programmation* », afin que les élèves, dès 12 ans, revisitent « *les notions de variables et de fonctions sous une forme différente, et s'entraînent au raisonnement* » (*ibid.*, p.378). Il est

³ Didactique et apprentissage de l'informatique à l'école - ANR-14-CE24-0012

⁴ <http://scratchfr.free.fr/>, Scratch a été développé par le MIT Media Lab.

alors intéressant d'observer quelles exploitations de ces outils développent des enseignants non experts, professeurs de mathématiques ou d'école, tel René ici.

3. René et Scratch

Les données ici (vidéos et entretien à chaud post-séance) se placent au tout début de la GIpro de René : sa 2^e séance Scratch, la 1^e étant une découverte libre par les élèves. Quels objectifs mathématiques, informatiques et instrumentaux prévoit alors René, avec quelles orchestrations ? Par ailleurs, la séance est répétée sur deux créneaux avec chacun une moitié de classe. Cette répétition d'une même séance sur deux moitiés de la même classe la rend intéressante pour notre problématique : nous accédons en direct à un moment de développement de sa GIpro, René réinvestissant avec le 2^e groupe certains repères pris avec le premier. En quelque sorte, nous observons la GIpro se dérouler sous nos yeux.

IV. PRINCIPAUX RESULTATS

Nous synthétisons ici les deux principaux résultats : les liens entre GIpe trop peu avancée et GIpro de René, et l'évolution visible de sa GIpro dès le cours de la séance avec le groupe 1.

1. Une GIpe trop peu avancée : conséquences sur la GIpro

Dans la séance prévue par René, les élèves devaient répondre à 2 consignes qui, au stade de leurs GI avec Scratch et de leurs connaissances mathématiques à ce niveau scolaire, comportaient trois points d'achoppement prévisibles⁵. En effet, les élèves n'ayant pas encore les connaissances instrumentales suivantes : **(a)** Existence de coordonnées pour contrôler minimalement les positions d'un personnage à l'écran. Ceci est en lien avec des connaissances mathématiques clairement mentionnées dans les programmes (repérage dans un plan) que les élèves n'avaient pas encore. **(b)** Nécessité, selon les commandes utilisées, de définir une position initiale (cas de la commande « Aller à... » utilisant des références absolues et non relatives), idem pour l'orientation si le programme la modifie. Cette connaissance instrumentale ne va pas de soi dans la mesure où un programme incomplet ne se perçoit qu'au 2^e lancement (l'objet est alors immobile). **(c)** Existence de "scripts parallèles" associés à chaque objet, connaissance là encore non intuitive (seule une page de scripts est affichée à la fois) mais nécessaire pour contrôler 2 objets ou plus.

La consigne visait-elle alors à faire émerger ces connaissances ? Les vidéos et entretiens montrent que René, n'ayant pas lui-même identifié ces trois points, n'avait pas préparé la séance dans cette approche. Lors des interactions, il a les mêmes interrogations que les élèves, découvrant **(a)**, **(b)** et **(c)**, réalisant plus ou moins leur importance en direct. Mais cette faible connaissance de Scratch, loin de créer de l'inconfort, est utilisée par René pour montrer aux élèves l'importance de chercher, tester, ne pas se décourager...

Cette GIpe, encore trop peu avancée, a deux conséquences sur la GIpro de René : dans sa gestion des GI des élèves, et dans sa définition des objectifs d'apprentissage avec Scratch. En effet, ses aides face aux difficultés des élèves avec les connaissances **(a)**, **(b)** et **(c)** non anticipées, ne peuvent efficacement faire avancer les GI des élèves. Divers épisodes, au fil des deux séances, montrent René cherchant l'origine des problèmes pour lesquels il est sollicité. Il réussit parfois à les analyser sur le vif, c'est le cas de **(b)**, mais de façon incomplète (les objets déplacés par translation mais pas par rotation), mais le plus souvent, les problèmes sont soit

⁵ Bouger 2 lutins simultanément puis successivement avec une seule commande de départ (vise à faire dépendre l'action du 2^e lutin de celle du 1^{er}, par exemple en les faisant communiquer par la commande «message»).

mis sur le compte de commandes défailtantes, soit écartés sans plus d'explication, le dysfonctionnement restant ainsi non compris des élèves qui ne peuvent alors développer avec Scratch les schèmes d'action qui mettent en jeu ces connaissances. Enfin, les objectifs de René avec Scratch ne visent ni les mathématiques, comme on aurait pu le penser avec le repérage et le déplacement dans un plan, ni l'informatique, non identifiée à ce stade par René. Par exemple, son vocabulaire est instable : « *coordonnées* » devient parfois « *codes du personnage* » ou encore « *codes du mouvement* ». Néanmoins, René a bien des objectifs d'apprentissage, ceux-ci se situent pour partie dans une discipline qu'on pourrait qualifier de « substitution », le Français (lire et comprendre les commandes, projet d'écriture d'un récit, importance de la chronologie d'une histoire, du séquençement des actions...), ou sont décalés vers des objectifs transversaux aux apprentissages disciplinaires (chercher un problème, essayer et ajuster, développer des interactions entre pairs).

2. Prise de repères et évolution de la GIpro

Les premiers stades de la GIpro de René avec Scratch le montrent prendre des repères lors des premières interactions, et les réinvestir plus tard ou avec le second groupe. Par exemple, si la connaissance (c), approchée en milieu de séance 1, n'est plus mentionnée ensuite, René évolue clairement sur (a) : les interactions montrent qu'il découvre, en début de séance 1, l'affichage des coordonnées à l'écran. En fin de session, il les pointe directement (sans pour autant chercher le système sous-jacent les générant) : « *Si tu le vois plus, ça veut dire que les coordonnées x et y que t'as mises sont en-dehors de la page (...) là, regarde, là t'as les coordonnées de la flèche. Si tu déplaces, les coordonnées changent.* ». Avec le groupe 2, il anticipe alors et mentionne cette fois (a) dès le début, lors de l'introduction collective : « *j'veais gagner un peu de temps par rapport au groupe précédent : voyez si on met la flèche ici....* ». Dans l'entretien post-séances, il nous confirme la découverte pendant la session (1) : « *les coordonnées du pointeur étaient affichées à l'écran !* » ; « *Regarde, là ici, là, x zéro, y zéro ! J'l'avais pas vu mais en fait quand tu déplaces t'as la position exacte !* ».

De même, bien que plus tard (session 2), René saisit la connaissance (b). Mais une fois ce repère pris, il identifie aussitôt les difficultés associées à des positions non initialisées. Dans un échange avec un élève, il exprime clairement le regret de ne pas l'avoir spécifié collectivement comme il l'a fait pour (a) : « *y a un p'tit point où tu, euh, où d'ailleurs qu'on n'a pas précisé en commun...* ». Si la question liée à une position initiale dans des programmes avec déplacements est ainsi identifiée, le besoin similaire d'initialiser une orientation dans des programmes avec rotations reste non identifié, laissant les élèves concernés bloqués. Le tableau1 synthétise les prises de repères sur (a), (b), (c), qui s'enrichissent le long des 2 séances :

Prise de repères	Séance 1er groupe	Séance 2e groupe
a : Coordonnées	Coord : NON au début, prise de conscience dans la séance	Coord. : OUI et va plus loin, demandant pour ce groupe : « départ et arrivée différents »
Repère	Repère : NON	Repère : NON
b : Nécessité d'initialiser une position ou orientation de départ	NON	NON au départ, mais prise de conscience durant la séance pour les déplacements. Non pour les orientations.
c Scripts parallèles	NON au début, puis OUI	OUI et NON

Tableau 1 - Evolution dans le temps des GIpro de René sur les connaissances (a), (b) ou (c)

3. Leviers pour gérer les séances le temps de prendre des repères en parallèle

René a 14 ans d'expérience, ses pratiques sont en bonne partie stabilisées et cohérentes (Robert & Rogalski, 2002). L'irruption de ce nouvel outil déstabilise ces équilibres pour évoluer vers une nouvelle stabilité préservant la cohérence dans l'exercice du métier. Quels

processus jouent dans cette évolution ? L'analyse ci-dessus en montre un premier mécanisme : la prise de repères sur l'usage de Scratch. Nous en décrivons ici un second : la réduction de la distance portée par Scratch.

L'activité constructive (Samurçay et Rabardel, 2004) se déroulant lors des séances mêmes, comment René les gère-t-il alors le temps d'une prise de repères ? Il dit lui-même avoir besoin de temporiser pour connaître plus. Notre hypothèse est que René a suffisamment de repères par ailleurs (i.e. hors technologies), pour lancer des séances innovantes sans être déstabilisé, séances qui donneront elles-mêmes de nouveaux repères. En effet, selon nous, ses choix d'apprentissage visés avec Scratch (ni mathématiques, ni informatiques, mais transversaux ou visant le Français) ne sont pas fortuits : ils s'expliquent, à nouveau, en termes de repères acquis par l'enseignant, *minimisant la distance* que le logiciel introduit à ses pratiques usuelles. René est en effet très à l'aise dans l'enseignement du Français, où il a l'habitude de mener des projets, et choisir des visées transdisciplinaires (travail en groupe, socialisation des élèves, projet de classe) permet de même de retrouver des repères familiers et qui peuvent se transférer aisément, car exempts de concepts sous-jacents, ou de concepts trop dépendants d'une discipline donnée.

V. DISCUSSION ET PERSPECTIVES POUR LA RECHERCHE ET LA FORMATION

1. Distance et repères

Les processus mis en œuvre par René, face à la distance générée par Scratch, permettent de revenir sur la problématique de l'intégration des TIC en prolongeant, par l'idée de *repères*, le travail sur la notion de *distance* évoquée plus haut avec l'intégration du tableur ou de l'algorithmique. En effet, la réduction de la distance pour retrouver des repères auxquels se référer, observée ici, est autre phénomène commun avec ces recherches (Tab.2). Les recherches précitées s'analysent ainsi aisément à l'aune de cette notion. Par exemple, le facteur qui rendait la distance instrumentale du tableur trop grande, freinant son intégration en algèbre, avait été analysé comme étant épistémologique. De fait, le tableur en algèbre fait perdre trop de repères sur cette dimension-là, ce qui avait mené l'enseignante observée à tourner son intégration du tableur vers les statistiques où la distance est moins grande qu'en algèbre. Les repères didactiques éclairent ainsi l'idée de distance : s'il y a distance (à des pratiques installées) perturbant l'enseignant, et pas simple nouveauté s'ajoutant, sans vagues, aux pratiques en cours, c'est parce que des repères sont déjà là. Cette tension distance-repères acquis par l'enseignant nous semble donc utile pour expliquer des phénomènes relevés dans les situations d'intégration des TIC : difficultés, résistances, réduction de la distance.

Distance introduite	Impact de la distance sur les objets et connaissances	Pratiques enseignantes	Réduction de la distance-Rôle des repères
Par le tableur en algèbre	2 mondes algébriques distincts	- Changement : niveau supérieur de classe - Changement : introduction sur des contenus anciens et non nouveaux - Changement de domaine : statistiques	- Niveau : réduit les difficultés d'instrumentalisation - Contenus anciens : réduit la quantité de nouveau et de repères à acquérir - Distance ou perte repères moins importante en statistiques qu'en algèbre
Algorithmique lycée	domaine attaché à programmation et informatique	- Confiné devoirs-maisons, évitement - Pratiques juxtaposées, séparées du reste	- Résistance par des pratiques préservant les repères des pratiques usuelles
Scratch à l'école primaire	Contenus mathématiques non identifiés	- Déplacement vers la discipline français - Ou vers des objectifs plus transverses (travail en groupe, explorer, essayer-erreurs...)	- Objectifs d'apprentissage détournés pour retrouver, via des contenus bien connus, des repères d'enseignement

Tableau 2 - Phénomènes de réduction de la distance dans les 3 recherches

Parler de « distance à... » suppose ainsi l'existence en amont d'un ensemble de repères auxquels les pratiques nouvelles se réfèrent. Ces repères préexistants (qui peuvent ainsi être construits, reconstruits, perturbés, modifiés, recherchés...) permettent à l'enseignant de naviguer au quotidien. Notre définition inclue cette idée de guidage de l'activité ultérieure : un repère didactique⁶ est un élément, conscient ou non, de savoir professionnel, acquis par l'enseignant, et qui le guide dans son action. Cette fonction de guidage est essentielle. Il ne s'agit pas simplement de connaissances permettant de retrouver un équilibre localement perturbé par l'introduction de l'outil. En nommant « repères » ces connaissances construites, nous souhaitons pointer ce rôle de balises effectives pour l'activité de l'enseignant, toutes les connaissances n'ayant pas cette fonction-là. Nous cherchons aussi à distinguer la nature des différents types de repères existants. Pour cela, les facteurs de distance, catégorisés par les composantes de la Double Approche, fournissent une structuration théorique des repères qui peuvent ainsi être : institutionnels, cognitifs, médiatifs... Pour que l'intégration d'un nouvel outil puisse, celui-ci ne doit alors pas créer une trop grande distance aux pratiques sur ces diverses composantes où l'enseignant a des repères. Dans chacune d'elle, contrant cette tension distance-repères qui peut donc s'avérer un frein à l'intégration si trop peu de repères demeurent, on trouve à l'opposé des légitimités (Tab.3), facteurs favorisant potentiellement l'intégration : légitimités sur les plans socio-institutionnel, didactique (cognitif et médiatif) ou personnel (notamment *épistémologie* et *représentations* du professeur).

Composantes	+ : Légitimité du « nouveau »	- : Tension repères-distance
Socio-institutionnelle - Institutionnelle - Sociale	- Légitimité Institutionnelle : <i>programmes, inspection, examens</i> - Légitimité Sociale : <i>évolutions sociétales, modernité, prégnance de la technologie</i>	nécessitent une appropriation : des repères à construire, même si les programmes en donnent.
Didactique - Cognitive - Médiative	- Légitimité Cognitive (ex : <i>LDG et figure géométrique, tableurs et entrée dans l'algèbre...</i>) - Légitimité Médiative (ex : <i>gain de temps dans le tracé des constructions géométriques, calcul d'un grand nombre de données, simulation d'expériences aléatoires, calculs automatisés, tracés de courbes, illustration...</i>)	A priori (enseignant ordinaire) : → repères cognitifs à acquérir → repères médiatifs à acquérir Des GIpro à développer, en termes d'orchestration notamment pour gérer les GI des élèves
Personnelle - Epistémologie et - Représentation de l'enseignant	- Légitimité ou freinent - (<i>variable suivant les enseignants</i>) - Légitimité Epistémologique : sur les disciplines impactées (épistémologie de la discipline et <i>épistémologie</i> de l'enseignement/ apprentissage de cette discipline). La tension ici est fonction de la distance que représente le nouveau aux disciplines usuellement enseignées - Légitimité dans les Représentations : non spécifiquement disciplinaires)	

Tableau 3 - Légitimités, repères et distance à l'ancien : la distance aux pratiques pose problème si trop peu de repères demeurent aux niveaux institutionnel, cognitif et médiatif (facteurs négatifs). Cette perte est compensée par les légitimités perçues/conférées sur ces composantes ou sur la composante sociale (facteurs positifs), et éventuellement par la composante personnelle (facteurs positifs ou négatifs selon la personne).

Au final, l'intégration (qualitative et quantitative) de nouveau (artefact, domaine, discipline) résulte pour chaque sujet de cette mise en balance entre les légitimités perçues et les différentes tensions distance-repère de ces composantes.

La distance est problématique lorsque les repères sont bousculés sans que de nouveaux ne soient envisagés. Ceux-ci peuvent se créer soit par la formation, les ressources, soit en les imaginant soi-même ou en tentant malgré tout l'expérience. Comme pour les schèmes dans lesquels ces connaissances vont intervenir, un 1^{er} essai créera de nouveaux repères pouvant donner une activité bien différente au 2^e essai, etc. A plus grande échelle, l'expérience multipliée de nouvelles situations peut doter l'enseignant de repères assez robustes pour agir face à une situation inédite, pourvu qu'elle ne soit pas trop distante de ce qui a été vécu dans cette expérience, ou qu'il puisse l'en approcher. Autrement dit, un enseignant expérimenté a

⁶ Le terme « didactique » est pris ici au sens courant, pour préciser que les éléments considérés sont ceux qui ont trait à l'enseignement-apprentissage (y compris gestion de classe par exemple).

non seulement plus de repères, mais est susceptible d'en transposer-adapter d'anciens pour s'en créer de nouveaux plus rapidement et facilement qu'un novice, ce qui interroge la formation.

2. Perspectives pour la recherche et la formation

Le cas de René mis en perspective avec d'autres recherches apporte des éléments de compréhension des pratiques intéressants tant la recherche que la formation. En situation où le contexte éloigne les enseignants de leurs pratiques habituelles (nouvel artefact tel le tableur en l'algèbre, ou nouveau domaine tel l'algorithmique en mathématiques, ou nouvelle discipline telle l'informatique à l'école), l'inédit est géré à l'aide de repères soit construits au fil des séances, soit anciens, via des stratégies de réduction de la distance permettant de revenir en terrain connu. Repères didactiques et distance sont ainsi en jeu dans ces terrains.

Pour creuser au niveau théorique, il faudrait continuer à investiguer, appuyée de cette méthodologie, ce que recouvrent ces repères et leurs rôles dans les pratiques en observant d'autres cas, ainsi que les prochaines expériences de ceux déjà observés (de quels types sont les repères élaborés : repères de gestion de classe? disciplinaires? transdisciplinaires?...) et analyser l'évolution de leurs GI. En outre, des liens seraient à creuser avec d'autres notions comme les *schèmes* (ici professionnels ; en lien avec la théorie de l'Activité), ou les travaux anglo-saxons sur les *connaissances* (modèle TPACK⁷), et ceux sur les *beliefs*⁸ (Fives and Gill, 2015), qui éclairent des processus plus inconscients.

Du point de vue de la formation, si les repères didactiques s'avèrent cruciaux, plusieurs questions se posent : comment en faciliter l'acquisition ? Certains peuvent-ils plus facilement s'acquérir en autonomie que d'autres ? Peut-on raisonnablement miser sur l'expérience seule pour créer des repères didactiques d'enseignement de concepts informatiques ? Les enseignants ne paraissant pas en difficulté grâce à la mise en place de stratégies de « substitution », quelle raison les ferait se tourner vers des savoirs qu'ils n'ont pas même repérés et qu'est-ce qui pourrait leur donner ces repères ? Ces réflexions indiquent des pistes pour les ressources et plus généralement pour les formations sur les besoins des enseignants d'élaborer de nouveaux repères didactiques, en appui ou non sur des situations antérieures. Les cas étudiés ici indiquent en effet que ces ressources et formations doivent jouer sur les différentes dimensions des repères, dimensions qu'il ne faudrait pas séparer pour espérer des changements dans les pratiques : 1) connaissances disciplinaires des domaines, des praxéologies possibles et 2) connaissances didactiques en lien avec ces domaines (cognitifs, médiatifs, instrumentaux, y compris de gestion de classe qui rentre dans le médiatif et dans l'instrumental avec les orchestrations, mais aussi de gestion de classe au sens plus large). Selon nous, si certains repères didactiques peuvent s'acquérir par le développement des GIpro et GIpe de l'enseignant, un accompagnement en formation et ressources est nécessaire pour que des repères conceptuels se mettent en place.

REFERENCES

Durand M., Dupont J., & Soli M. (2016) Dimensions culturelles de l'alignement des canetons. In L. Theis (Éd.), *Actes du colloque Pluralités culturelles et universalité des mathématiques : enjeux et perspectives pour leur enseignement et leur apprentissage* (pp. 3333-4444). Alger : Université d'Alger.

⁷ Koehler&Mishra 2009 (développement du modèle PCK de Shulman 1986), non basés sur la Double Approche

⁸ croyances

- Artigue M. (2002) Learning Mathematics in a CAS Environment: The Genesis of a Reflection about Instrumentation and the Dialectics between Technical and Conceptual work. *International Journal of Computers for Mathematical Learning* 7 (3), 245-274.
- Benton L., Hoyles C., Kalas I. et al. (2017) Bridging Primary Programming and Mathematics: Some Findings of Design Research in England. *Digital Experiences in Math Education* 3(2), 115-138.
- Caron F. (2007) Au cœur de « la calculatrice défectueuse » : un virus qu'on souhaiterait contagieux ! *Petit x* 73, 71-82.
- Del Notaro L. & Floris R. (2011) Calculatrice et propriétés arithmétiques à l'école élémentaire. *Grand N* 87. 17-49.
- Drijvers P., Godino J. D., Font V., & Trouche L. (2013) One episode, two lenses. A reflective analysis of student learning with computer algebra from instrumental and onto-semiotic perspectives. *Educational Studies in Mathematics*, 82 (1), 23-49.
- Guin D, Trouche L. (eds.) (2002) *Calculatrices symboliques. Faire d'un outil un instrument du travail mathématique, un problème didactique*. Grenoble : La Pensée Sauvage.
- Haspekian M. (2017) Computer science in mathematics new curricula at primary school: new tools, new teaching practices? In G. Alon & J. Trgalova (Eds.), *Proceedings of ICTMT 13-2017* (pp.23-31). Lyon: Université de Lyon 1.
- Haspekian M. (2014) Teachers' instrumental geneses when integrating spreadsheet software. In Clark-Wilson, Robutti, Sinclair (eds.) *The Mathematics Teacher in the Digital Era* (pp.241-275). Dordrecht : Springer.
- Haspekian M. (2006) Evolution des usages du tableur. In *Rapport intermédiaire de l'ACI-EF Genèses d'usages professionnels des technologies chez les enseignants*, disponible à : <http://gupten.free.fr/ftp/GUPTEn-RapportIntermediaire.pdf>.
- Haspekian M., Gélis JM. (soumis) Introduction de l'informatique dans les programmes de mathématiques : nouveaux outils, nouvelles pratiques ? *STICEF*, soumis mars 2017.
- Haspekian M., Nijimbéré C. (2016) Favoriser l'enseignement de l'algorithmique : une question de distance aux mathématiques ? *Education et Didactique*, 10(3), 121-135.
- Lagrange J.B. (2000) L'intégration d'instruments informatiques dans l'enseignement : Une approche par les techniques. *Educational Studies in Mathematics* 43(1), 1-30.
- Ministère de l'éducation nationale (2015) Programme d'enseignement du cycle des apprentissages fondamentaux (cycle 2), du cycle de consolidation (cycle 3) et du cycle des approfondissements (cycle 4). *Bulletin Officiel* du 26 novembre 2015.
- Rabardel P. (1995) *Les hommes et les technologies : Approche cognitive des instruments contemporains*. Paris : Armand Colin.
- Resnick M. (2007) Sowing the seeds for a more creative society. *Learning & Leading with Technology*, 35 (4), 18–22.
- 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.
- Trouche L. (2004) Managing the complexity of human/machine interactions in computerized learning environments: Guiding students' command process through instrumental orchestrations, *International Journal of Computers for Mathematical Learning* 9, 281-307.
- Samurçay R., Rabardel P. (2004) Modèles pour l'analyse de l'activité et des compétences : propositions. In R. Samurçay & P. Pastré (dir.), *Recherches en didactique professionnelle* (pp. 163-180). Toulouse : Octarès.