

Introduction de l'informatique au primaire : premiers résultats d'une recherche collaborative en cours.

Couderette Michèle ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Laboratoire de didactique André Revuz, UPEC – France

Résumé

Alors qu'au cycle 4, la programmation est un thème d'étude à part entière, au primaire algorithmique et programmation sont inscrits dans le champ des mathématiques ou des sciences et technologie, au travers d'activités de codage, de repérage et déplacements dans l'espace. Dans notre communication, nous présentons les premiers résultats d'une recherche collaborative en cours engageant plusieurs professeures d'école au cycle 2. Nous montrerons la manière dont les participants à la recherche collaborative dénouent les difficultés inhérentes à l'interdisciplinarité en élaborant un scénario autour d'un "pas de deux" (au sens gymnique du terme) chacune des disciplines contribuant l'une à l'autre sans pour autant affaiblir les visées didactiques spécifiques à chacune.

Mots clés

Recherche collaborative ; école primaire ; robotique éducationnelle ; modélisation ; analyse de pratiques ; épistémologie pratique du professeur.

Introduction

Cette communication rend compte des premiers résultats d'une recherche collaborative portant sur l'introduction d'un nouvel objet d'enseignement dans les programmes d'école primaire en France. Dans une première partie, nous présentons le contexte et la problématique, puis dans une deuxième partie les inscriptions théoriques et

méthodologiques. La troisième partie présente les résultats au terme de cette première année de recherche.

Contexte et problématique

Depuis la rentrée 2016, une initiation à la programmation informatique est inscrite dans les programmes d'école primaire : « Dès le CE1, les élèves peuvent coder des déplacements à l'aide d'un logiciel de programmation adapté, ce qui les amènera au CE2 à la compréhension et la production d'algorithmes simples. [...] Les activités spatiales et géométriques constituent des moments privilégiés pour une première initiation à la programmation notamment à travers la programmation de déplacements ou de constructions de figures [...] Une initiation à la programmation est faite à l'occasion notamment d'activités de repérage ou de déplacement (programmer les déplacements d'un robot ou ceux d'un personnage sur un écran), ou d'activités géométriques (construction de figures simples ou de figures composées de figures simples). » (MEN Bo spécial 26-11-2015).

Confrontés à l'enseignement d'une discipline pour laquelle ils n'ont pas eu de formation, les professeurs d'école se tournent souvent vers des ressources « clés en main », sans être en mesure d'identifier clairement les enjeux de savoirs (Vandeveldel & Fluckiger, 2020 ; Spach, 2017). Villemonteix (2018) montre dans ses recherches que les situations pédagogiques sont incomplètes d'un point de vue épistémique et didactique, mais témoignent d'une « intention à produire chez les élèves un rapport à la découverte ». Par ailleurs, lorsque les enseignants sont interrogés sur l'acceptabilité de cet enseignement, leurs déclarations témoignent d'une recherche de « compatibilité avec des enseignements légitimes » (Villemonteix, 2018 ; Drot-Delange, 2018). Au primaire, algorithmique et programmation sont inscrites dans le champ des mathématiques ou de sciences et technologie, au travers d'activités de codage, de repérage, déplacements dans l'espace. Or plusieurs recherches (Couderette, 2016 ; Devos et Grandaty, 2011 ; Schubauer-Leoni et al., 2007) montrent combien des objets d'enseignement déclarés à l'interface de deux disciplines sont difficiles à transférer dans leur double référence. Briant (2013) et Couderette (2016) pointent la nécessité d'un équipement praxéologique de la profession, équipement comprenant à la fois des savoirs savants (i.e. informatiques) et des savoirs pour enseigner (i.e. didactiques).

Inscriptions théoriques et indications méthodologiques

Dans cette section, nous précisons les cadres théoriques mobilisés durant la recherche collaborative : la théorie anthropologique du didactique, le cycle de modélisation de Blum et Leiss, et le modèle de l'action didactique conjointe

Inscriptions théoriques

Le cycle de modélisation de Blum et Leiss (2005) décrit les différentes étapes du processus de modélisation. A partir d'une situation du monde réel, une situation modèle est présentée aux élèves. Le processus de modélisation se poursuit par la mise en situation d'un problème à résoudre (étape 2) nécessitant une association à un modèle mathématique (étape 3) puis une résolution mathématique et informatique (étape 4) puis son interprétation dans la résolution du problème initial (étape 5 puis 6). Selon la pertinence du résultat, le modèle peut être réinterrogé et conduire à un nouveau cycle de modélisation.

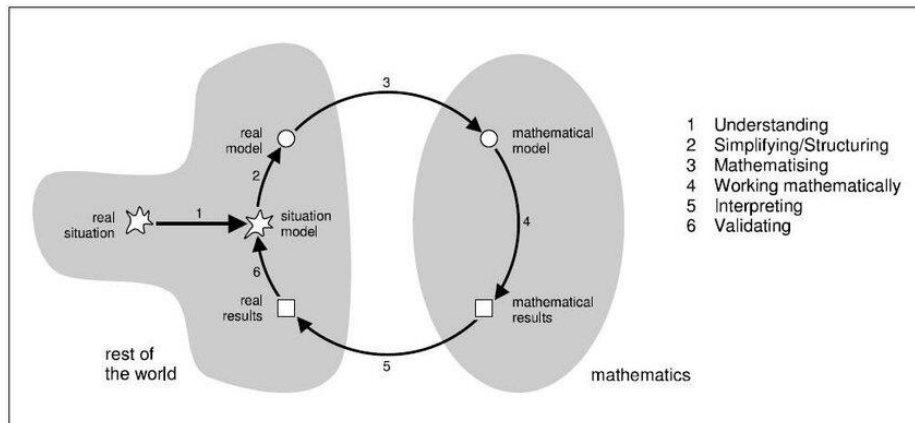


Figure 1 : cycle de modélisation (Blum et Leiss, 2005)

Le modèle de l'action didactique conjointe (Sensevy et al., 2007) permet de rendre compte de la co-construction du savoir au sein d'un système didactique. Nous adossons cette recherche collaborative aux études qui considèrent que les apprentissages en classe sont le produit de l'action didactique conjointe professeur élèves et qu'ils émergent lors des interactions en classe. Nous utilisons le triplet des genèses {mesogenèse, topogenèse, chronogenèse} pour rendre compte de la dynamique évolutive du système didactique. L'agir professoral est analysé au travers des descripteurs « définir », « dévoluer », « réguler » et « institutionnaliser ».

Inscriptions méthodologiques

Une recherche collaborative

Le cadre collaboratif de la recherche vise à créer les conditions du partage des expériences des enseignants associés à la recherche sur la base d'une part de la construction des situations didactiques, d'autre part des mises en œuvre opérées dans leur classe. Elles développent un travail entre praticiens et chercheurs, posant « un regard complice et réflexif sur la pratique » (Desgagné et Bednarz, 2005.). Elles ont pour visée la « co-construction d'un objet de connaissance entre un chercheur et des praticiens » (Desgagné, 1997, 2001, Desgagné et Bednarz, 2005). Pour autant, ainsi que ces auteurs le soulignent, faire de la

recherche 'avec' les praticiens et non 'sur' les praticiens nécessite d'établir une « certaine dialectique entre les préoccupations du monde de la recherche et celles du monde de la pratique ». Aussi elles contribuent tant à la production de connaissances scientifiques et qu'au développement professionnel des acteurs engagés dans la recherche.

Une démarche clinique expérimentale

La méthodologie s'appuie sur l'approche « clinique expérimentale » de Schubauer-Leoni et Leutenegger (2002) : d'une part la co-construction de contenus d'enseignement denses en savoirs informatiques, d'autre part la co-analyse (analyse *a priori* et analyse *a posteriori*) de situations didactiques.

Les expérimentations ont lieu dans une école ordinaire de la banlieue parisienne. Trois enseignants participent à la recherche collaborative. Une enseignante, que nous désignerons par P1) a moins de 8 années d'ancienneté dans le métier, les deux autres (P2 et P3) ayant plus de vingt ans d'expérience. L'ensemble des réunions de travail, des séances de classe est enregistré. Seuls les enseignants P1 et P2 ont expérimenté les séances dans leurs classes.

La figure ci-dessous décrit l'architecture du dispositif au fil du temps de la recherche collaborative.

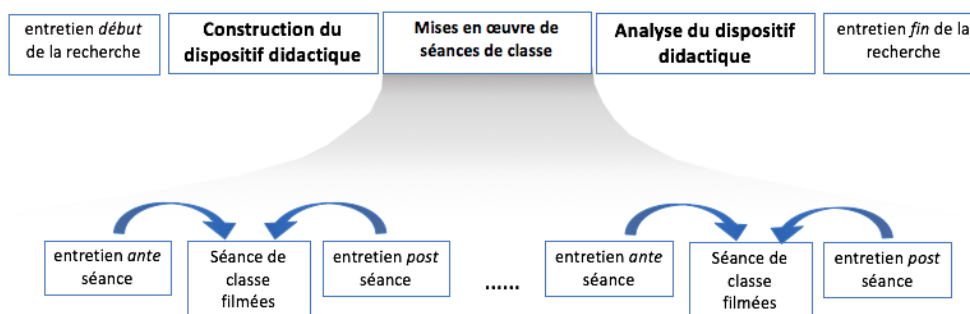


Figure 2 : Architecture du dispositif de recherche au fil du temps de celle-ci.

Premiers résultats d'une recherche en cours

Rappelons que la recherche collaborative n'en est qu'à ses débuts. Les résultats que nous présentons ci-dessous demandent à être affinés.

Construction du dispositif didactique

Le choix des participants à la recherche a été d'inscrire les séances en résolution de problème en suscitant une démarche d'investigation. Alors que les élèves n'avaient approché ni l'objet technologique, ni le savoir informatique, nous avons choisi de leur

demander de résoudre un problème « de traversée de tunnels » en faisant le parallèle avec la programmation d'un métro automatique. Les élèves ont ainsi eu à programmer un robot Blue-Bot pour traverser des tunnels (cf. figure ci-dessous).



Figure 3 : tunnels proposés aux élèves

Un deuxième choix a été de s'inscrire dans le transversal adossant les concepts informatiques à une autre discipline et ce, afin de déterminer les conditions de viabilité de séances transdisciplinaires et les contraintes pesant sur la co-construction du savoir visé.

Un élément du milieu didactique problématique : le Blue-Bot !

Tout d'abord, précisons que le Blue-Bot, bien que souvent présenté comme étant un robot, est un automate. Il réagit à la pression de touches positionnées sur le capot et non à des événements provenant de son environnement.

La manipulation du Blue-Bot fait apparaître plusieurs sources potentielles de difficultés pour des élèves de cycle 2.

- Les Blue-Bots sont des objets orientés ce qui demande à l'élève de repérer chaque déplacement dans le repère du Blue-Bot et non pas par rapport à lui-même.
- Les déplacements sont commandés différemment selon que l'on change de direction ou pas : pour avancer et reculer, une seule commande suffit alors que tourner, deux sont nécessaires, l'une pour indiquer la direction (pivoter à droite ou à gauche) l'autre pour avancer.
- Vider la mémoire s'opère par la touche « X ». Si la mémoire contient un premier programme, le nouveau programme se rajoute au premier. Or rien ne permet à l'élève de savoir si la mémoire est vide. Cet aspect cumulatif de saisie des commandes ne facilite ainsi pas l'interprétation des rétroactions du Blue-Bot.
- La longueur du pas du Blue-Bot très proche de sa taille, ce qui nous le verrons, induira une technique non attendue de résolution du problème « traversée du tunnel droit ».

Aussi deux séances ont précédé les séances dévolues à la résolution des tâches « traversée de tunnels ». La visée de ces deux séances était de faire émerger le fonctionnement du robot, en particulier le repérage et la fonction des différentes touches, particulièrement la touche « effacer » pour vider la mémoire, la touche « pause » et la touche « GO » pour lancer le programme.

Le schéma ci-dessous présente le déroulement de la séquence d'enseignement telle qu'elle a eu lieu dans les deux sites d'expérimentation. Les deux premières séances embarquent principalement deux disciplines, technologie, informatique tandis que les deux dernières engagent les mathématiques et l'informatique.



Figure 4 : déroulement de la séquence d'enseignement

Dans la suite de notre communication, nous mettons l'accent sur les séances 3 et 4 portant sur les deux tâches de résolution de problèmes :

Tâche 1 : programmer le Blue-Bot ou le R-Souris pour qu'il traverse un tunnel droit.

Tâche 2 : programmer le Blue-Bot pour qu'il traverse un tunnel coudé.

Enfin, précisons que les tâches ayant été construites en réunions préparatoires, le milieu didactique primitif (Amade-Escot et Venturini, 2015) était le même dans les deux classes observées. Les synopsis de séances montrent une organisation didactique sensiblement identique dans les deux classes : une phase de définition (introduction de la tâche), une première phase de dévolution de la tâche (recherche en binôme), une phase de régulation (en classe entière), une deuxième phase de dévolution, enfin une phase d'institutionnalisation. Nous ne décrivons dans cette version provisoire des actes que la mise en œuvre des tâches par l'enseignant expérimenté.

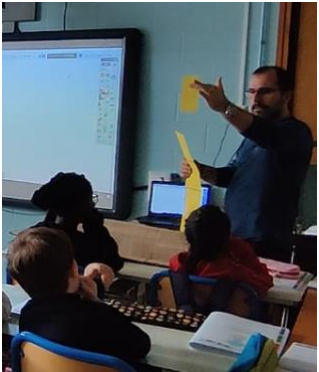
Mises en œuvre

Première tâche : traverser un tunnel droit avec une Blue-Bot ou un Robot-Souris.

Le milieu didactique primitif est composé d'une vidéo représentant un tram automatique, d'une vidéo représentant un Blue-Bot traversant un tunnel en carton, de tunnels droits et trois bandes graduées différemment : une bande graduée tous les 12cm, une tous les 15 cm (ce qui correspond au pas du Blue-Bot), une troisième graduée tous les 20 cm ainsi que de deux robots, un Blue-Bot et un Robot-Souris.

L'enseignant introduit la séance en montrant deux vidéos, l'un d'un train automatique sortant d'une gare, l'autre d'un Blue-Bot entrant dans un tunnel en carton puis définit la tâche des élèves : « *Votre problème, c'est comment on programme un métro ? On*

ne peut pas travailler sur un vrai métro. Donc on va essayer de trouver quelque chose qui va remplacer le métro. Le métro automatique c'est comme un robot. Je vous propose un tunnel. On est bien d'accord que votre métro, enfin je veux dire le métro Blue-Bot, il va devoir partir de notre station, station A. Il va falloir qu'on le programme pour qu'il se déplace dans le tunnel et qu'il arrive pile à la station B. On ne veut pas qu'il arrive ailleurs que dans cette zone-là. Sinon les gens ne vont pas monter ni descendre. Donc ça va être à vous de programmer le métro. Le petit problème, encore une fois, on complique, c'est qu'il ne faut pas que le métro reste bloqué. Il ne faut pas que notre Blue-Bot reste bloqué dans le tunnel. Donc il va falloir trouver quelque chose pour essayer en un seul essai d'arriver à la station B. » Nous l'observons poursuivre en faisant un appel à la mémoire didactique des élèves conséquent. Rappelant la séance précédente, il modifie le milieu didactique primitif prévu initialement en désignant ostensiblement le pas du Blue-Bot, pas ayant été caractérisé lors de l'étude du robot.

Tour de parole	Propos et/ou description	
1	<i>Ens [montrant bande étalonnée et pas du Blue-Bot] : Ah, ces bandes-là, ça me rappelle quelque chose, on les a déjà utilisées. À quoi correspond ce quadrillage ?</i>	
2	<i>El1 : ça correspond au déplacement du Blue-Bot.</i>	
3	<i>Ens : Au déplacement du Blue-Bot, Oui. Quelqu'un peut me le préciser ? Oui, Evan ?</i>	
4	<i>El2 : Ça correspond à chaque fois que tu appuies sur la touche avancer du Blue-Bot.</i>	
5	<i>Ens : À chaque fois que j'appuie sur la touche avance du Blue-Bot, mon Blue-Bot, il se déplace de cette longueur-là. C'est notre pas du Blue-Bot, ça. D'accord ? Donc vous aurez des bandes...</i>	

Pour autant, les élèves sont confrontés à un problème de mesurage : comment placer la bande ? Lors de la circulation dans les groupes, l'enseignant interroge les élèves et reformule leurs propos en introduisant subrepticement une technique de mesurage : « *tu mets la bande ici, c'est bien ce tu voulais dire ?* ».

Lors de la phase de régulation il fait appel à deux élèves chronogènes ne positionnant pas leur bande de la même façon.

« On va regarder comment Clara utilise sa bande. Vas-y place moi la bande Clara, elle fait elle place la bande... **j'espère que Clara a pensé à bien faire correspondre avec le début du tunnel. On s'aperçoit de quoi ? ça tombe pile poil** ».



« Zora, elle fait très attention, elle ne fait pas tout à fait la même stratégie que Clara, **elle fait très attention à faire démarrer la bande au bout du tunnel, c'est là qu'il faut regarder. Elle fait coïncider avec le début du tunnel.** »



Nous observons ici l'enseignant commencer par user d'un effet Jourdain pour peser sur la chronogénèse (rien ne permet de savoir dans les interactions professeur-élève ou élève-élèves si Clara a sciemment posé la bande correctement) pour ensuite poursuivre par une technique monstratoire en reprenant et explicitant la technique de Zora.

Lors de la deuxième phase de dévolution, les élèves recherchent la bande permettant de résoudre le problème. L'enseignant circule dans les groupes. Contrairement à la première phase de dévolution, l'enseignant prend cette fois une position topogénétique plus basse, se contentant de relancer par des questions la recherche des élèves. « *Donc il y aurait une bande qui marche ? [...] Comment vous avez fait pour réussir ? [...] Ah bon ? [...] Avec cette bande-là, on arrive à programmer le Blue-Bot ? Pourquoi ?* ». Lors de la phase de régulation, l'enseignant s'appuie sur l'ensemble des élèves afin de faire expliciter les procédures pour déterminer la bande adéquate. En posant la question « *pourquoi Elias, il dit que celle-là est bonne et pas celle-là ?* », il amène les élèves à exprimer que l'unité de graduation doit être un pas de Blue-Bot : « *il faut vérifier que le carré c'est un pas de Blue-Bot* » (Evan). Enfin l'institutionnalisation porte sur la mesure du tunnel et non sur la programmation des robots : « *Mon tunnel en pas Blue-Bot, c'est cinq. En pas Souris, c'est six. On n'a pas déjà vu ça quelque part ? Avec une même longueur, on pouvait écrire de façon différente, avec des unités différentes. Ça ne vous rappelle pas quelque chose ? [...] On avait déjà vu que je pouvais mesurer un segment de 5 cm et je pouvais exprimer cette mesure en millimètres par exemple. [...] Si je choisis une unité Blue-Bot, ça ne va pas être la même chose qu'une unité Souris parce que le déplacement du robot n'est pas le même* ».

Nous observons ainsi une séance bifurquant sur des enjeux mathématiques. Les élèves buttant sur des difficultés de mesurage, l'enseignant, en position surplombante, donne le prima à des notions mathématiques, savoir mesurer, reléguant du coup en arrière-plan le champ de la programmation.

La séance suivante porte sur une deuxième tâche : programmer le Blue-Bot pour qu'il traverse un tunnel coudé.

Deuxième tâche : traverser un tunnel coudé.

Le milieu didactique primitif est cette fois-ci composé de tunnels coudés et de quatre plans quadrillés : un plan à maille carrée 12 x12, à maille carrée 15 x15, à maille rectangulaire 12 x15, à maille rectangulaire 15 x18.

La mise en place de la situation est rapide, les élèves comprenant implicitement que la tâche est la même qu'à la séance précédente. L'enseignant se contente de faire dire la principale différence perceptible : « *le tunnel est en L* ». Comme précédemment, les élèves travaillent en binômes ou trinômes.

Cette deuxième séance montre un enseignant en position topogénique résolument basse : l'enseignant observe, circule de groupe en groupe, relançant le travail des élèves par des questions sans pour autant orienter les élèves vers le choix d'un plan quadrillé en particulier.

« Est ce que c'est un pas Blue-Bot ? Est-ce que ce quadrillage ira ? [...] tu peux me dire, c'est le numéro 1, le 2, le 3 ? [...] testez-le, et ensuite tu me diras ... [...] comment avez-vous trouvé, au hasard ? ».



Figure 5 : position topogénétique basse de l'enseignant

Alors qu'à la séance précédente, il manipulait et montrait, nous l'observons cette fois-ci laisser les élèves prendre en charge la totalité de la recherche du quadrillage. Ce faisant, il oblige ses élèves à réinvestir des stratégies émergées lors de la résolution de la tâche précédentes. En revanche, nous observons une récurrence dans la manière d'organiser le déroulement de la séance. Comme à la séance précédente, l'enseignant insère une régulation à mi-parcours, régulation ayant pour objectif de faire verbaliser une procédure amenant à déterminer le quadrillage permettant de programmer le Blue-Bot pour réaliser la tâche de traversée du tunnel. Si cette régulation montre une avancée chronogénétique, celle-ci est plutôt du côté des mathématiques. Les élèves mettent en œuvre une démarche permettant de déterminer le plan quadrillé pertinent :

- Choisir un plan quadrillé
- Déplacer le Blue-Bot sur le plan et vérifier qu'il est quadrillé en "pas Blue-Bot" dans les deux dimensions.
- Conclure sur sa pertinence.



Figure 6 : invalidation du plan

La deuxième phase de dévolution montre une orientation vers une résolution informatique de la tâche : « *Tout le monde va utiliser le quadrillage numéro 1, maintenant je veux le programme pour aller de la station A a la station C* ». Chaque élève écrit un programme sur une fiche préparée par l'enseignant, selon le code déterminé par l'ensemble des élèves en deuxième séance. La séance prend fin avec l'écriture au tableau des actions du Blue-Bot en langage naturel, actions traduites ensuite dans le langage Blue-Bot.

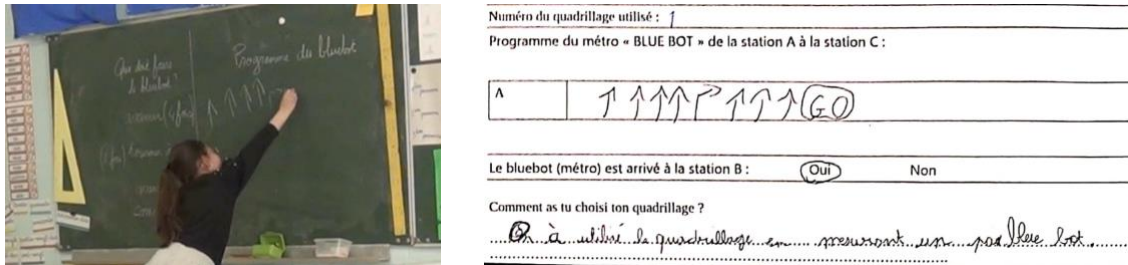


Figure 7 : écriture de programmes informatiques

L'enseignant s'appuie sur cette mise en commun, non pas en revenant sur des concepts informatiques, mais sur la solution du problème :

« bon, là normalement [montrant la liste des actions écrites en langage naturel] je veux que le robot fasse tout ça. Si je veux que le robot fasse tout ça, il faut que je le programme avec son langage à lui, avec ses touches à lui. Effectivement si je fais ça, il va bien avancer 4 fois, On a fait tourner à droite, pivoter à droite, avancer trois fois et commencer. Là, on est bon. On a fini. On s'arrête là. »



La trace écrite au tableau montre une conclusion sur des éléments d'ordre informatique : un algorithme est écrit sur la gauche, le programme codé dans le langage défini en début de séquence à droite. Pour autant, si les termes d'instruction, de début et fin du programme sont prononcés, seul le mot « programme » évoquant la discipline informatique est écrit.

Conclusions

Lors de la résolution de ces deux tâches, la chronogenèse des concepts informatiques est marquée par l'articulation de deux enjeux de savoirs : déterminer la bande graduée ou le quadrillage qui permet de mesurer le tunnel en "pas Blue-Bot" et programmer la traversée du tunnel par le robot. Nos premières observations montrent un enseignant adaptant *in situ* la séance pour tenir compte des difficultés de ses élèves, l'amenant du coup, à hiérarchiser les enjeux didactiques : la première séance donne le *prima* aux mathématiques en la maintenant dans le champ des mathématiques, tandis que la deuxième s'appuie sur les connaissances co-construites en mathématique pour amorcer une entrée dans le champ de l'informatique.

Les deux séances avaient pour ambition d'initier une démarche d'investigation. Nous appuyant sur le cycle de modélisation de Blum et Leiss, que nous adaptons aux situations (cf. ci-après, cycle de modélisation adapté à la situation 2), l'analyse montre une répartition des positions topogénétiques inégales selon les cycles et leurs phases.

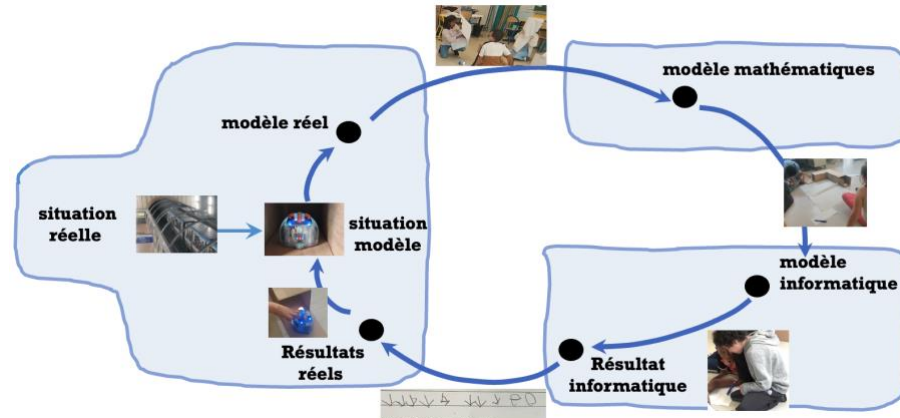


Figure 8 : illustration du cycle de modélisation (situation 2)

L'analyse de la première situation via le cycle de modélisation nous montre un enseignant surplombant, forçant en particulier l'avancée chronogénétique lors de la phase de mathématisation de la première situation et donnant une moindre importance au traitement informatique. A l'inverse, l'analyse de la deuxième situation donne à voir des élèves en position haute, investissant chacune des phases de modélisation, traitant mathématiquement puis informatiquement la situation-problème.

Ces premiers résultats montrent brièvement comment un enseignant se joue des difficultés à conduire un projet didactique interdisciplinaire, en hiérarchisant chacun des savoirs visés lors de sa mise en œuvre, en faisant en sorte que les disciplines fassent tour à tour milieu didactique l'une pour l'autre, en modulant les positions topogénétiques au sein du système didactique.

Références bibliographiques

- AMADE-ESCOT, C. & VENTURINI, P. (2015). Joint action in didactics and classroom ecology: comparing theories using a case study in physical education. *Interchange: a quarterly review of education*, 46(4), 413-437.
- BRIANT, N. (2013), Étude didactique de la reprise de l'algèbre par l'introduction de l'algorithmique au niveau de la classe de seconde du lycée français. Thèse de doctorat. Université Montpellier 2.
- COUDERETTE, M. (2016) Enseignement de l'algorithmique en classe de seconde : une introduction curriculaire problématique, *Annales de didactiques et de sciences cognitives*, 21, 267-296
- DESGAGNE, S. (1997). Le concept de recherche collaborative : l'idée d'un rapprochement entre chercheurs universitaires et praticiens enseignants. *Revue des sciences de l'éducation* 23(2), 371-393.
- DESGAGNE, S., & BEDNARZ, N. (2005). Médiation entre recherche et pratique en éducation : faire de la recherche "avec" plutôt que "sur" les praticiens. *Revue des sciences de l'éducation* 31(2), 245-258

- DEVOS, O., GRANDATY, M. (2011). Les retombées de la formation continue : étude comparée des contenus enseignés en EPS et en ML chez un PEMF et un PE. In 2^e Colloque international de l'ARCD “ Les contenus disciplinaires”, Lille 3.
- DROT-DELANGE, B. (2018). Reconfiguration de l'enseignement de l'informatique à l'école primaire : quelle conscience disciplinaire chez les professeurs des écoles stagiaires ? *Recherches en Didactiques* 1(25), 27-40.
- SCHUBAUER-LEONI, M.L. et LEUTENEGGER, F. (2002). *Expliquer et comprendre dans une approche clinique/expérimentale du didactique ordinaire*. De Boeck Supérieur.
- SCHUBAUER-LEONI, M.L.; LEUTENEGGER, F.; FORGET, A. (2007). L'accès aux pratiques de fabrication de traces scripturales convenues aux commencements de la forme scolaire : interrogations théoriques et épistémologiques. *Éducation & didactique*, 1(2), 7-35
- SENSEVY ET AL., (2007). Des catégories pour décrire et comprendre l'action didactique. In G. Sensevy et A. Mercier (Eds.). *Agir ensemble. L'action didactique conjointe du professeur et des élèves* (p. 13-49). Rennes : Presses universitaires de Rennes, coll. Paideia.