

Pratiques collaboratives et réflexives autour de la conception des ressources de l'enseignement. Un nouveau regard sur les interactions enseignants / chercheurs

Luc Trouche¹

Résumé

Cet article reprend les grandes lignes d'une communication faite à l'occasion du colloque de l'INRE, *Recherche, action et intervention didactique, concepts, méthodologie et terrains*, tenu à Alger, les 28 et 29 novembre 2018. Il propose une visite du projet PREMaTT (Penser les ressources de l'enseignement des mathématiques dans un temps de transitions), qui se développe depuis deux ans dans la région de Lyon, dans le cadre de l'Institut français de l'éducation et de l'Institut Carnot de l'Education. Il s'agit de soutenir les enseignants confrontés à une double transition : la transition numérique, et la transition curriculaire. PREMaTT repose sur un réseau de *petites fabriques*, au cœur des établissements scolaires (écoles et collèges) engagés dans le projet. Dans ces petites fabriques, les enseignants, appuyés par des chercheurs, produisent des ressources correspondant à leurs besoins, dans une perspective de rendre ces ressources utiles pour d'autres enseignants. Les ressources ne sont pas données d'emblée : elles sont le produit d'un processus d'incubation, à la fois dans chacune des petites fabriques et dans un laboratoire d'innovation pédagogique et numérique commun au réseau. Le projet a deux premiers objectifs ambitieux : penser des *modèles de ressources* pour la coopération des enseignants, et penser des *modèles de travail collaboratif* des enseignants. Un troisième objectif, plus complexe, vise le développement d'un *regard réflexif* des acteurs du projet, enseignants et chercheurs. Cet article fait le point sur l'état d'avancement du projet, sur ses succès, comme sur ses difficultés.

¹ - Institut français de l'éducation, Ecole Normale Supérieure de Lyon

Luc.Trouche@ens-lyon.fr

(article rédigé pour la revue EducRecherche de l'INRE, Institut national de la recherche en éducation en Algérie) Le 3 janvier 2019.

Mots clés : Enseignement des mathématiques ; formation des enseignants ; ressources pour l'enseignement des mathématiques ; modèles de ressources ; conception collaborative ; réflexivité ; modèles d'incubateurs.

Abstract

This article presents the main lines of a lecture made at the INRE symposium "Research, Action and Didactic Intervention, Concepts, Methodology and Terrain, held in Algiers on November 28 and 29, 2018. It describes the PREMaTT project (Thinking the resources of teaching mathematics in a time of transitions), which has been developing for two years in the Lyon region, within the framework of the French Institute of Education and the Carnot Institute for education. It is about supporting teachers facing a double transition: the digital transition, and the curriculum transition. PREMaTT is based on a network of small factories, at the heart of schools (primary and middle schools) involved in the project. In these small factories, teachers, supported by researchers, produce resources corresponding to their needs, aiming to make these resources useful for other teachers. The resources are not given immediately: they are the product of an incubation process, both in each of the small factories and in a laboratory of pedagogical and digital innovation, shared by the network. The project has two first ambitious goals: to think of resource models for teacher cooperation, and to think about models of collaborative teacher work. A third and more complex objective is to develop a reflexive view of the project's actors, teachers and researchers. This article reviews the state of progress of the project, its successes as well as its difficulties.

Keywords: Enseignement des mathématiques ; formation des enseignants ; ressources pour l'enseignement des mathématiques ; modèles de ressources ; conception collaborative ; réflexivité ; modèles d'incubateurs.

Introduction

Cet article porte sur l'enseignement des mathématiques. Les mathématiques sont des sciences critiques : parler de mathématiques, et d'enseignement des mathématiques, c'est parler de rapport au nombre et à l'espace, donc de rapport au monde, c'est parler de rapport à la représentation, aux modèles, à l'argumentation et à l'incertitude. Les mathématiques sont donc un bon terrain pour évoquer les questions qui sont au centre de ce colloque, la recherche et l'action sur l'enseignement. J'ai eu la chance d'interagir avec l'INRE sur ces questions depuis cinq ans : en 2013, à l'occasion d'un séminaire sur l'enseignement des mathématiques, qui avait fourni la matière d'un dossier spécial du numéro 7 de EducRecherche (Trouche 2014) ; puis en 2015, à l'occasion d'une conférence invitée, en relation avec la Stratégie Mathématiques engagée par le ministère français de l'éducation ; puis en 2016 pour une rencontre nationale, à Alger, sur la didactique des mathématiques dans les deux systèmes éducatif et universitaire. Mon objectif dans cette nouvelle intervention, en 2018, c'est de partir certes des mathématiques, mais de viser plus largement, à partir d'une étude de cas, les questions de l'intervention didactique, du point de vue des concepts, de la méthodologie et des terrains. Je voudrais remercier, avant de développer ces idées, le directeur de l'INRE, Abdelhamid Kridech, et Lila Medjahed, du cabinet de Madame la Ministre de l'Éducation, pour leur invitation au colloque, et Habibi Boukertouta, pour l'invitation à écrire dans la revue EducRecherche. Je voudrais enfin remercier l'inspecteur général de la pédagogie, Nedjadi Messeguem et les deux inspecteurs centraux de mathématiques, Mustapha Belabbas et Hocine Azaiz avec qui nous avons le plaisir, Antoine Bodin et moi, d'animer une formation sur les évaluations internationales (en particulier PISA) et les éclairages qu'elles fournissent pour l'enseignement des mathématiques : autant d'occasion de rencontres avec les acteurs algériens de l'enseignement des mathématiques.

Cet article est construit en trois parties : je présenterai d'abord le projet PREMaTT ; je soulignerai ensuite quelques-uns de ses résultats ; je proposerai enfin quelques perspectives, qui concernent aussi bien la France que l'Algérie.

1. Le projet PREMaTT

Le projet PREMaTT (Penser les ressources de l'enseignement des mathématiques dans un temps de transitions) a été développé en France, plus précisément dans l'académie de Lyon, de 2017 à 2019. On présente dans cette section son contexte et sa structure.²

1.1 Le contexte du projet PREMaTT

Le contexte du projet PREMaTT est à la fois un contexte curriculaire, et un contexte de recherche-action.

Examinons d'abord le contexte curriculaire. Les transitions dont il est question, dans le titre du projet PREMaTT, sont relatives à la fois aux transitions digitales, et aux transitions curriculaires. Les transitions digitales (généralisation de la disponibilité et de l'usage de ressources numériques, et d'Internet) concernent, à différents degrés, tous les systèmes éducatifs. Les transitions curriculaires aussi, tant les évaluations internationales, en particulier PISA, ont des effets tangibles et convergents sur ceux-ci (Rey 2011). Dans le cas du système éducatif français, une réforme a touché, en septembre 2016, l'ensemble de la scolarité obligatoire, de l'école maternelle à la fin du collège, du point de vue *de sa structure*. Un même cycle, le cycle 3, couvre désormais (Figure 1) la fin de l'école primaire (classes de CM1 et CM2) et le début du collège (classe de 6^{ème}). Ce lien fort entre l'école primaire et le collège impose de penser de nouvelles continuités dans toutes les disciplines, et donc de nouvelles relations entre les professeurs d'école et les professeurs de collège, au sein de chaque circonscription scolaire.

² - On pourra aussi se reporter, pour plus d'informations, à la page web du projet : <http://ife.ens-lyon.fr/ife/recherche/groupes-de-travail/prematt>

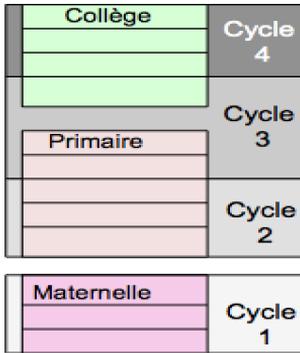


Figure 1. La structure en 4 cycles de la scolarité obligatoire en France (réforme de septembre 2016)

La réforme touche aussi *les formes* de l'enseignement. Pour les mathématiques, il s'agit, par exemple de penser, dès l'école primaire, une entrée progressive dans l'algèbre. La réforme touche enfin *les contenus* de l'enseignement. Pour les mathématiques, il s'agit ainsi d'introduire l'enseignement de l'algorithmique et de la programmation (Gueudet *et al.* 2017), des sujets que, bien souvent, les professeurs eux-mêmes n'ont jamais rencontrés dans leurs propres études. La mise en œuvre de la réforme suppose ainsi une actualisation des connaissances des enseignants, et, plus profondément, de nouvelles pratiques de classe, sollicitant davantage l'activité des élèves, et de nouvelles relations entre professeurs, en particulier entre professeurs d'école et de collège, pour assurer la progressivité et la cohérence des enseignements au sein d'un même cycle. C'est pour soutenir cette actualisation des connaissances et ce renouvellement des pratiques que le projet PREMaTT a été conçu.

C'est le contexte de recherche-action, existant dans la région de Lyon, à travers *l'Institut Carnot de l'Education*, qui a permis le montage de ce projet. Créé en 2006, le label Carnot a vocation « à développer la recherche partenariale, c'est-à-dire la conduite de travaux de recherche menés par des laboratoires publics en partenariat avec des acteurs socio-économiques, principalement des entreprises (de la PME aux grands groupes), en réponse à leurs besoins.»³ C'est

³ - Voir le site des Instituts Carnot : <https://www.instituts-carnot.eu/fr/le-label-carnot>

dans cette perspective de développement de recherche partenariale qu'a été créé, en 2017, dans la région Auvergne-Rhône-Alpes, un Institut Carnot *de l'Éducation* (ICE). Celui-ci décrit plus précisément, sur son site⁴, ses motivations :

« La volonté de créer un ICE part du constat que les liens **entre le système éducatif et la recherche** sont insuffisants et que les relations existantes sont peu structurées contrairement à ce qui se passe dans d'autres domaines comme l'économie ou la médecine pour lesquelles il existe **de nombreuses structures de coopération entre chercheurs académiques et praticiens**. Autrement dit, le transfert d'expérience et de connaissance en éducation présente encore des difficultés. L'objectif d'un Institut Carnot de l'Éducation est, donc, **de favoriser la coopération entre chercheurs et praticiens dans le but d'améliorer les pratiques pédagogiques** qui répondent à des enjeux sociaux importants (sorties sans formation, poids croissant des origines sociales et territoriales dans le parcours scolaire). Ces visées répondent d'une méthodologie *Bottom-up* d'innovation ouverte pour laquelle une prise en compte des besoins des enseignants dans leur pratique quotidienne est exercée. L'institut Carnot de l'Éducation s'inscrit, dans une démarche qui cherche, par ailleurs, à **favoriser un esprit d'innovation** dans le monde de l'enseignement et à instaurer **une culture de coopération entre le monde de la recherche et celui de l'enseignement**. »

L'ICE a ainsi pour objectif de mettre en relation des projets d'action éducative (PAE) portés par des enseignants et des établissements scolaires, et des projets de recherche (PR) portés par des équipes de chercheurs. Dans cette perspective, il lance des appels d'offres. Le projet PREMaTT est ainsi né d'une réponse, acceptée, à un de ces appels d'offres. Cette réponse se situait dans le fil d'une coopération, déjà ancienne, dans le cadre d'un lieu d'éducation associé

⁴ - <http://ife.ens-lyon.fr/ife/ressources-et-services/institut-carnot-de-education/presentation-detaillee-1>

à l'IFÉ, le collège Ampère de Lyon.⁵ La réponse mobilisait des enseignants de ce collège et des écoles voisines, des formateurs d'enseignants, des chercheurs en didactique des mathématiques et en psychologie cognitive et un ingénieur pédagogique. Le soutien de l'ICE à ce projet a pris la forme d'heures accordées aux enseignants, et d'un budget permettant l'organisation des séminaires du projet, l'embauche d'un post-doctorant pour un an, et des missions de dissémination pour participer à des conférences en relation avec les thématiques de PREMaTT.

1.2 La structure du projet PREMaTT

Nous présentons ici les ressources sur lesquelles repose PREMaTT, les chantiers qu'il a lancés, et le réseau d'acteurs qu'il a développé.

Le projet repose sur des expériences fortes : celle de l'équipe Sésames⁶, qui regroupe depuis une dizaine d'années des enseignants et des chercheurs pour revitaliser l'enseignement de *l'algèbre*, pensé comme développement de programmes de calcul pour résoudre des problèmes (Alves *et al.* 2013) ; celle des lieux d'éducation associés à l'IFÉ, réseau d'établissements travaillant des questions d'éducation en relation avec les équipes de l'institut⁷ ; celle de l'équipe EducTice de l'IFÉ autour des *incubateurs de ressources* (Spérano *et al.* 2018) ; celle des chercheurs qui s'intéressent aux interactions des professeurs avec les ressources des enseignants comme ressorts de leur développement professionnel (Gueudet et Trouche 2008) ; celle enfin des chercheurs qui s'intéressent à la réflexivité des enseignants comme moyen de mettre en évidence leurs *trajectoires professionnelles* (Loisy 2018). La réponse à l'appel d'offres ICE a

⁵ - PREMaTT est donc la conjonction d'un PAE et d'un PR. Le PAE PREMaTT est porté par Sophie Roubin et Claire Piolti-Lamorthe, deux professeures de mathématiques enseignant au collège Ampère de Lyon, et impliquées aussi à l'ESPE (École supérieure du professorat et de l'éducation), à l'IREM (Institut de recherche sur l'enseignement de mathématiques), à l'APMEP (Association des professeurs de mathématiques de l'enseignement public) et à l'IFÉ. Le PR PREMaTT est porté par l'auteur de cet article.

⁶ - L'équipe Sésames développe des ressources qu'elle met à disposition des enseignants via un site : <http://pegame.ens-lyon.fr/>

⁷ - Voir le site des LÉA pour plus d'informations : <http://ife.ens-lyon.fr/lea>

permis d'agréger ces expériences au service de trois chantiers.

Le premier chantier visait la conception de *modèles de ressources* pour l'entrée dans l'algèbre, la continuité des apprentissages, l'activité des élèves et la collaboration des enseignants. Ce chantier reposait sur une hypothèse forte, celle de la nécessité de modèles pour faciliter à la fois le travail de *conception* des auteurs, et les démarches *d'appropriation* des utilisateurs.

Le deuxième chantier visait le développement *d'incubateurs* de ressources, c'est-à-dire de structures qui puissent soutenir le processus de conception collaborative de ressources à partir des premières propositions, encore à l'état de germes, des acteurs. Ce chantier reposait sur une hypothèse forte, celle de la nécessité d'un lieu et de méthodes pour faciliter l'émergence de modèles de ressources. Ces incubateurs étaient pensés dans une double dimension : d'abord comme structures à développer au sein même de chaque établissement scolaire, ensuite comme structure spécifique, commune à tous les établissements impliqués dans le projet. Cette structure spécifique, c'est le LIPeN, Laboratoire d'ingénierie pédagogique et numérique que l'IFÉ a mis au service de ce projet (Figure 2).

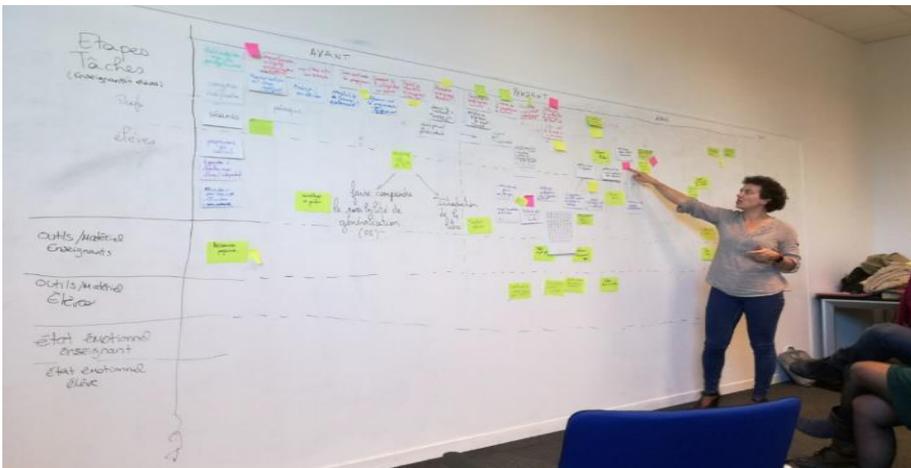


Figure 2. Le LIPeN, un espace pour favoriser l'expression des acteurs et le partage d'expériences

Le troisième chantier visait la stimulation de la réflexivité et les retours d'expérience des acteurs, avec l'hypothèse forte que le développement professionnel des acteurs supposait la prise de conscience de ce développement.

PREMaTT a combiné ces trois chantiers, au sein d'un réseau de structures (Figure 3) impliquées dans le projet. Ces structures, ce sont d'abord des établissements scolaires, collèges et écoles primaires de la même circonscription, maillons essentiels pour penser la continuité des apprentissages dans le cycle 3 (Figure 1). Ce sont ensuite des structures d'appui, Sésames pour soutenir la réflexion sur l'algèbre, et le LIPeN, pour promouvoir des formes collaboratives de conception de ressources.

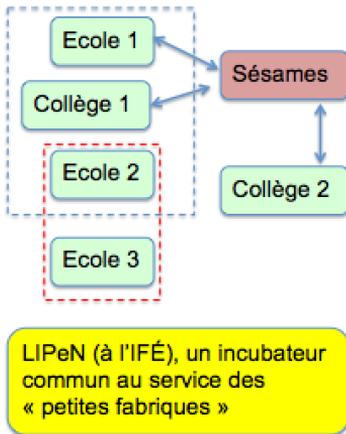


Figure 3. PREMaTT, réseau d'établissements et de structures d'appui

Au sein de chacun des établissements scolaires, le projet a développé des « petites fabriques », regroupant les enseignants impliqués : ils sont en charge de « fabriquer » des ressources, de les expérimenter, de les partager au sein du projet dans la perspective de modèles communs, et aussi de penser les cadres les plus adaptés pour abriter ce travail de conception.

Voilà dressé le portrait de PREMaTT. Près de deux ans d'existence permettent de tirer de premières leçons.

2. Quelques résultats du projet

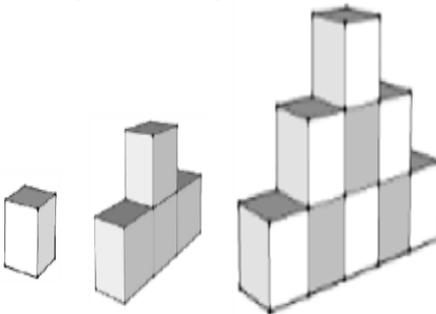
Cette section présente quelques résultats critiques, relatifs à chacun des trois chantiers.

2.1 Chantier 1 : l'importance de ressources génératrices, la difficulté de modèles communs

Le chantier dédié à la conception des ressources a mis en évidence deux résultats majeurs : la sensibilité du projet à certaines qualités des ressources qui le nourrissent, et la complexité des processus d'émergence de modèles communs.

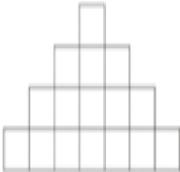
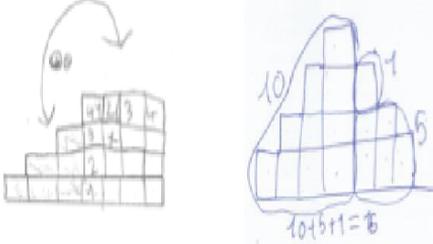
La conception de nouvelles ressources permettant de renouveler l'enseignement de l'algèbre, et son introduction progressive tout au long du cycle 3, a été initiée par la recherche de *germes* (Guin et Trouche 2008) qui puisse initier le travail des petites fabriques : recherche dans les répertoires individuels ou collectifs, dans les manuels scolaires, ou sur Internet.

Les germes qui ont eu le plus de succès, ce sont ceux (par exemple le défi des pyramides, Figure 4), qui se prêtaient le mieux à différentes déclinaisons, différents énoncés, pouvant s'adapter le mieux à différents niveaux scolaires, et aux habitudes de travail des enseignants concernés.

<p>Enoncé 1</p> <p>Calculez le nombre de cubes pour une pyramide à 2 étages, à 3 étages, à 5 étages. Pour chaque question, écrivez votre calcul. Expliquez votre raisonnement avec un schéma ou un texte</p> <p>Enoncé 2</p> <p>Combien y a-t-il de cubes à l'étape 265 ? J'ai utilisé 625 cubes, à quelle étape en suis-je ?</p>	 <p>Figure 4. Le défi des pyramides (inspiré de Défi Maths, Sceren)</p>
---	--

Les échanges au sein des petites fabriques et au sein du LIPeN ont mis en évidence les *variables didactiques* (Brousseau 1998) des situations proposées, c’est-à-dire « des paramètres qui, lorsqu’on agit sur eux, provoquent des adaptations, des régulations et changements de stratégie. Ces paramètres permettent ainsi de simplifier ou de complexifier la tâche et ainsi de faire avancer la construction du savoir.» (https://fr.wikipedia.org/wiki/Variable_didactique). C’est le cas du *nombre d’étages* de la pyramide mobilisée (les deux énoncés associés à la Figure 4).

C’est le cas aussi de la *dimension* (dimension 3 ou dimension 2) de la représentation associée au problème (voir Figure 5) qui conduit, suivant le choix, à des gestes, des dessins et des raisonnements qui peuvent être très différents (Figure 6).

<p>Enoncé</p> <p>Voici une pyramide à quatre étages.</p> <p>Trouver plusieurs méthodes pour calculer le nombre de carrés nécessaires pour la construire.</p> <p>Expliquer chaque méthode par un schéma ou un texte</p>	 <p>Figure 5. Le passage de la dimension 3 à la dimension 2</p>
<p>Une variété de résolutions</p> <p>La dimension 2, par rapport à la dimension 3, se prête davantage à des procédures basées sur la décomposition et la recomposition de motifs (basées, pratiquement ou mentalement sur des gestes de découpage / recollage)</p>	 <p>Figure 6. Des problèmes favorisant une diversité de démarches</p>

C’est ce potentiel *générateur* (générateur de déclinaisons différentes des énoncés ; générateurs de modes de résolution différents), pour les ressources initiant le processus de conception qui est apparu, sans doute, la qualité la plus importante dans le projet.

Le deuxième résultat concerne le modèle de ressources, au cœur de ce chantier. L'existence de tels modèles est toujours apparue critique pour le développement de dispositifs de conception collaborative de ressources (Guin & Trouche 2008).

Dans PREMaTT, la recherche de modèles pertinents a combiné deux chemins :

- d'abord l'exploration de modèles antérieurs, utilisés déjà par les équipes ou les acteurs impliqués, par exemples le modèle du dispositif SFoDEM (Guin & Trouche *ibid.*) ou alors le modèle du site de l'équipe Sésames (<http://pegame.ens-lyon.fr/>) ;
- ensuite la construction progressive d'une structure à partir des besoins émergeant du projet, au cours de séances d'incubation (voir § 2.2). Progressivement, un modèle a ainsi émergé.

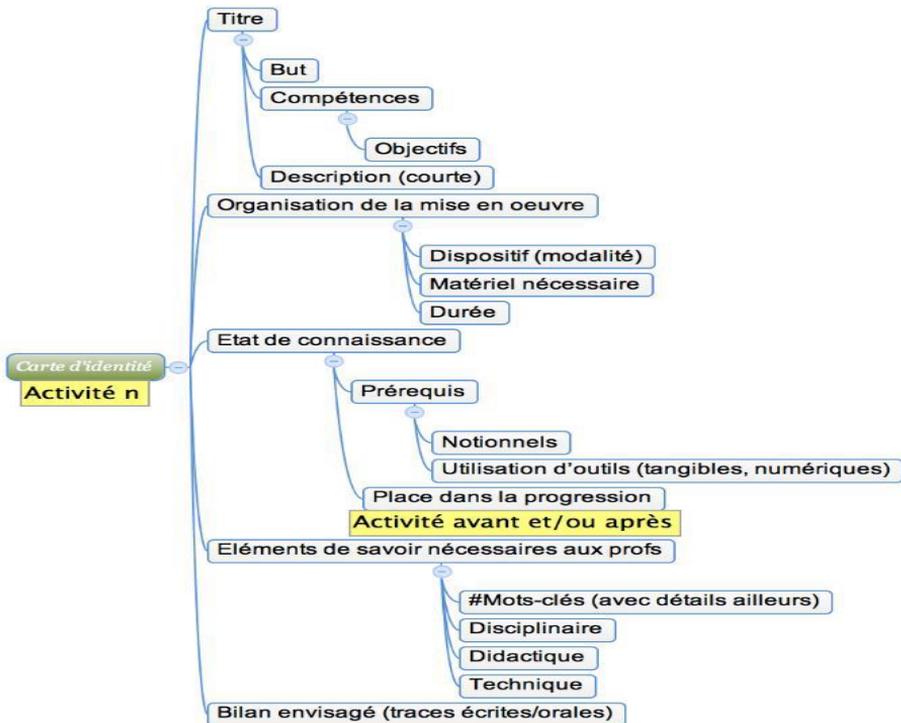


Figure 7. Une partie du modèle de ressources PREMaTT

Ce modèle est composé d'une *carte d'identité* (Figure 7), d'un *scénario*, qui propose une description de l'activité des élèves et du professeur permettant l'implémentation de l'activité correspondante, et d'un *retour d'expérience*, qui propose un cadre pour le récit de l'activité effective, le recueil de traces et l'analyse a posteriori de ce qui s'est passé.

Il s'agit donc d'un cadre très complet... et complexe, qui est apparu assez lourd à utiliser par les acteurs de PREMaTT. Ce résultat illustre la difficulté de concevoir un modèle suffisamment *complet* pour intégrer l'expérience des usages de la ressource, et suffisamment *léger* pour ne pas alourdir la tâche des auteurs et des utilisateurs de la ressource. Il y a donc un équilibre subtil à réaliser, au fil du développement du projet : le modèle devient finalement un guide méthodologique, mettant en évidence l'ensemble des éléments à prendre en compte pour l'écriture de nouvelles ressources, sans qu'il ne soit nécessaire de renseigner systématiquement toutes les rubriques du modèle pour toute nouvelle conception de ressource. Ce guide méthodologique est devenu l'un des outils des incubateurs de ressources, au centre du deuxième chantier de PREMaTT.

2.2 Chantier 2 : des incubateurs de ressources propres à chaque établissement, et nourrissant et se nourrissant de l'expérience commune au sein du LIPeN

Ce deuxième chantier est celui qui permet la rencontre des différents acteurs du projet, enseignants, chercheurs et ingénieur pédagogique.

Les incubateurs se développent d'abord au sein des établissements, par exemple (Figure 8), dans une des écoles du projet. Les enseignants, un chercheur, et l'ingénieur pédagogique se réunissent pour une séance d'incubation. A partir de l'expérience du défi des pyramides (Figure 4), ils veulent penser de nouveaux problèmes, liés aux nombres, qui pourraient être traités par les élèves à partir de la manipulation et de la déconstruction/reconstruction de structures données. Comme on peut le voir (Figure 8), les acteurs de cette séance mobilisent eux-mêmes un dispositif qui facilite l'expression des idées et leur entrecroisement (corde et pinces à linge, ardoises, feutres...).

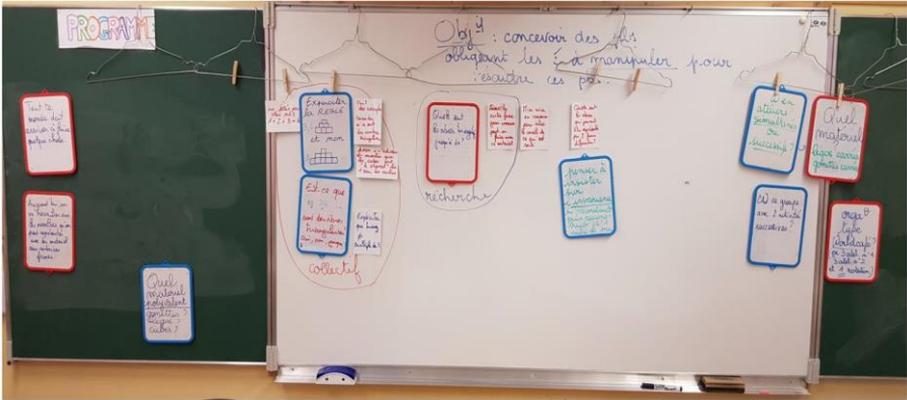


Figure 8. La salle de classe transformée en incubateur de ressources

Ce sont des moments essentiels au sein de chaque petite fabrique, au plus près des classes, où les ressources seront mises en œuvre, et des collectifs professionnels. Ces moments nourrissent d'autres moments où les acteurs les plus engagés, enseignants, chercheurs et ingénieur se retrouvent ensemble dans l'incubateur commun, le LIPeN, où ils disposent d'un cadre adapté : espace modulable, où l'on peut se déplacer facilement, murs où l'on peut écrire ou placer des post-it, caméras pour conserver la trace des discussions... (Figure 9).



Figure 9. Le LIPeN, un espace d'expression, d'interaction et de création

C'est dans ce lieu que les enseignants s'approprient des méthodes nouvelles, par exemple les *cartes d'expérience*, qui reposent sur le découpage et le réagencement de l'expérience : les enseignants reprennent l'histoire d'une ressource depuis sa conception jusqu'aux mises en œuvre dans les classes (Figure 10). Quelles ont été les tâches pour le professeur ? Pour les élèves ? Quelles ont été les difficultés rencontrées ? Les solutions proposées ? Ainsi l'expérience des uns enrichit l'expérience des autres.

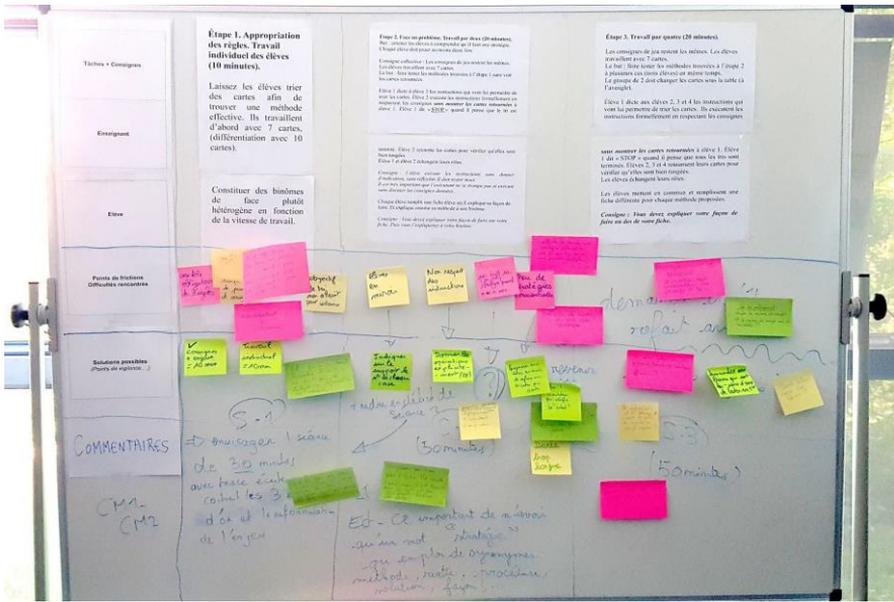


Figure 10. Une carte d'expérience en cours de fabrication

L'expérience des incubations croisées, dans les établissements scolaires et au LIPeN, peut être modélisée par un schéma (Figure 11). Le processus part de l'analyse d'un projet (une notion à enseigner), puis de la construction d'une solution – une situation problème pour la classe, puis à sa mise en œuvre, à son évaluation, puis à sa révision et à sa dissémination : un processus cyclique dans lequel les différents acteurs (développeurs, enseignants, élèves, chercheurs) vont tous jouer un rôle.

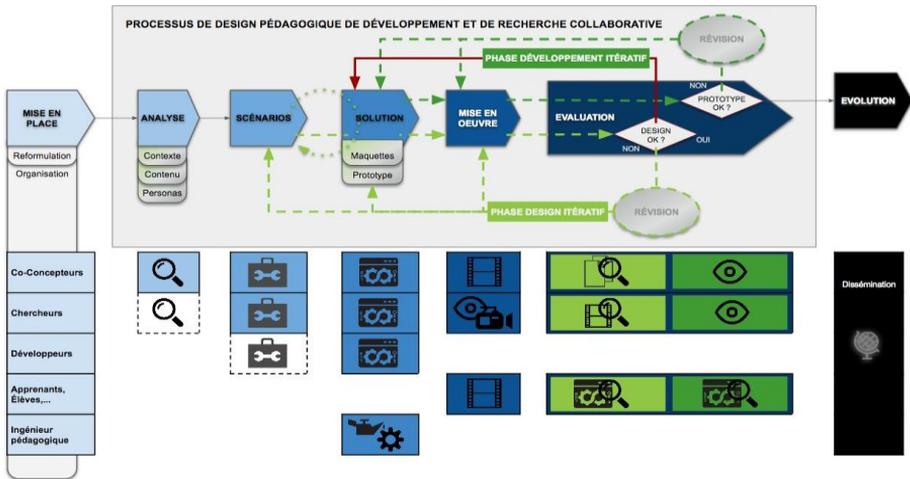


Figure 11. Une modélisation d'un processus mobilisant co-concepteurs (dont les enseignants) et chercheurs

Les incubations constituent ainsi un moment charnière pour l'évolution des ressources, mais aussi pour le développement professionnel des acteurs, comme l'a mis en évidence le troisième chantier.

2.3 Chantier 3 : cultiver le regard des acteurs sur leur évolution professionnelle

Le troisième chantier visait la stimulation de la réflexivité des acteurs. Il a été initié, au début du projet, par de courtes interviews des acteurs, interrogeant leurs motivations et leurs attentes. Il a été suivi par des observations de classe et des entretiens d'auto-confrontation qui permettent de faire un retour réflexif des enseignants sur leurs usages des ressources, permettant de nourrir la conception collaborative itérative. Il a été complété par des entretiens avec les enseignants à des moments clés du projet, mettant en œuvre la *méthode trajectoire*. Loisy (2018) a élaboré cette méthode pour conduire des entretiens sur/pour le développement professionnel des enseignants. Le répondant explore et reconstruit sa trajectoire de développement de manière méthodique en partant de moments qu'il considère comme ayant été importants pour son développement professionnel.

La figure 12 évoque le dispositif de prise de donnée (une table avec une grande feuille de papier, des feutres et les post-it, l'enseignant et le chercheur assis l'un à côté de l'autre). La Figure 12 montre aussi un extrait de trajectoire proposée par un enseignant, qui trace son chemin, reprenant la métaphore d'une route avec ses intersections, ses ronds-points et ses bifurcations.



L'analyse du corpus montre que la trajectoire des enseignants est jalonnée de temps de reprise de l'expérience vécue, de conscientisation et de prise de distance. Ces moments de développement se produisent, notamment suite à des interactions sociales marquantes (par exemple lors de séances d'incubation) ou à l'apparition d'objets désirés dans l'environnement de travail (telle ou telle technologie par exemple pour soutenir une nouvelle forme d'enseignement).

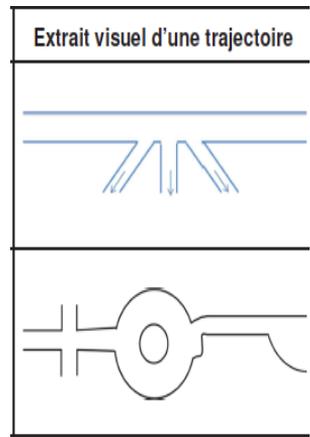


Figure 12. La méthode trajectoire, son dispositif et un de ses résultats.

Ces méthodes de représentation reprennent les mêmes outils que ceux qui permettent de construire, dans le LIPeN, les trajectoires des ressources à travers les cartes d'expérience. Il s'agit ici de rendre conscient du changement des pratiques et des ressources, un moyen de prendre acte des évolutions.

Cette visite des trois chantiers permet un bilan, certes incomplet, du projet. Il faudrait suivre ces chantiers sur plusieurs années pour en analyser les effets profonds sur la progressivité des enseignements mathématiques tout au long du troisième cycle (§ 1.1), plus encore sur la formation des enseignants, plus encore sur les apprentissages des

élèves ! Nous pouvons simplement relever ici les effets moteurs de la réflexion sur les modèles de ressources, les modèles d'incubateurs et les trajectoires des enseignants. Réflexivité et « collaborativité » apparaissent ainsi comme deux conditions jumelles de développement de chacun des trois chantiers.

3. Quelques perspectives après PREMaTT

Nous présentons ces perspectives à trois niveaux : le niveau des acteurs du projet, le niveau de l'enseignement des mathématiques dans un temps de transition (qui concerne aussi bien la France que l'Algérie), le niveau plus général du développement professionnel des enseignants.

3.1 Pour les acteurs de PREMaTT : continuer le projet sous d'autres formes

Lors de l'une des dernières réunions du projet, les acteurs du projet ont été invités à réaliser, au sein de chaque petite fabrique, une courte vidéo participative pour tirer leur propre bilan du projet. Chacune des vidéos met en évidence le profit que chacun des acteurs a tiré du projet. Par exemple la petite fabrique de l'école Péguy (Figure 13) souligne l'intérêt du projet pour développer « la réflexion pour de nouveaux dispositifs permettant de mettre les élèves en recherche », des « groupes homogènes, ou hétérogènes, quel matériel, quelle différenciation ? ». A travers les défis successifs, c'est une réflexion sur ce qu'est l'algèbre, sur les transitions entre l'algèbre et l'algorithmique qui s'est amorcée. La vidéo se conclut en annonçant la fermeture symbolique de la fabrique (du fait de la mutation de certains enseignants ou de nouveaux projets professionnels), mais en soulignant : « les ouvriers continuent de penser », signifiant ainsi que ce qui a été initié dans PREMaTT pourra se développer dans de nouveaux cadres.



Figure 13. La vidéo participative de l'une des fabriques du projet (Petite fabrique Péguy 2018)

D'autres fabriques ont d'autres projets, en relation avec d'autres acteurs, qu'a permis d'initier le séminaire de clôture de PREMaTT, les 9 et 10 janvier 2019, par exemple : de nouvelles collaborations internationales pour penser l'intégration des technologies numériques dans l'enseignement des mathématiques, ou encore le développement de laboratoires de mathématiques au sein des établissements scolaires, ce qui est abordé dans la section suivante.

3.2 Développer les projets collaboratifs de conception de ressources, associant différents acteurs de l'éducation

L'idée de laboratoires de mathématiques au sein des établissements scolaires n'est pas nouvelle : elle apparaît à chaque fois que l'on veut renouveler les formes de l'enseignement des mathématiques (Maschietto & Trouche 2010). C'est la 16^{ème} mesure du rapport que Cédric Villani et Charles Torossian (2018) ont remis au ministre français de l'éducation pour soutenir cet enseignement : «Expérimenter, financer et évaluer sous trois ans, dès septembre 2018, dans au moins cinq établissements et un campus des métiers par

académie, la mise en place de laboratoires de mathématiques en lien avec l'enseignement supérieur et conçus comme autant de lieux de formation et de réflexion (disciplinaire, didactique et pédagogique) des équipes.»

Le collège Ampère de Lyon, qui était au cœur du projet PREMaTT, a candidaté pour héberger un tel laboratoire. Sa candidature a été retenue : ce succès se situe sans doute dans le prolongement de l'expérience PREMaTT : d'une petite fabrique incubatrice de ressources, appuyée sur un réseau d'interactions, à un laboratoire de mathématiques, belle reconnaissance du travail accompli !

En Algérie, les expériences de travail collaboratif des enseignants de mathématiques sont aussi nombreuses. Je pense d'abord à l'expérience de A²DEMTI (<http://aademti.org/wp/>), association d'enseignants de mathématiques, réunis pour « mettre en commun, bénévolement et sans but lucratif leurs connaissances et leurs moyens.» (Figure 14).



Figure 14. Une réunion d'enseignants de mathématiques de l'association A2DEMTI

Je pense aussi à l'expérience analysée dans la thèse de Karima Sayah (2018), d'un atelier de mathématiques, au sein d'un collège algérien, dans lequel les enseignants étudient, traduisent, et adaptent des ressources issues de l'association Sésamath pour renouveler leur répertoire de ressources, l'ouvrir davantage sur la résolution de problèmes.

Je pense enfin à la formation des inspecteurs de mathématiques algériens, à laquelle j'ai la chance de participer, étudiant les éclairages, pour le système éducatif algérien, de l'évaluation PISA, et mobilisant des cellules enseignants-inspecteurs visant à tester de nouvelles formes d'évaluation.

La nouvelle étude de la commission internationale pour l'enseignement mathématiques (ICMI)⁸, lancée en février 2019, portera justement sur cette question, l'analyse des dispositifs où « Les professeurs de mathématiques travaillent et apprennent ensemble à travers leur collaboration ». Cette étude, pilotée par Hilda Borko (Stanford) et Despina Potari (Athènes) sera l'occasion de confronter les expériences menées dans une diversité de pays.

3.3 Repenser des plateformes pour le développement professionnel des enseignants.

L'expérience des incubations dans le projet PREMaTT (Figure 11) pourrait permettre de penser le développement de plateformes soutenant les interactions entre les acteurs de l'enseignement, enseignants, chercheurs, ingénieurs, pour renouveler leurs ressources et soutenir leur développement professionnel. La figure 15 (réalisée par Pierre Benech et Mohammad Alturkmani) propose les grandes lignes de ce que pourrait être une telle structure :

- L'axe horizontal (en bas) indique les étapes successives du processus, pour répondre à un problème donné : mise en place du

⁸ - L'ICMI lance régulièrement des études qui veulent contribuer à une meilleure compréhension et à la résolution des défis auxquels font face les recherches, dans leur diversité scientifique et culturelle, sur l'enseignement des mathématiques <https://www.mathunion.org/icmi/activities/icmi-studies>.

dispositif, analyse du problème didactique posé, proposition d'une solution, mise en œuvre, évaluation et évolution.

- L'axe vertical (à gauche) souligne les différents niveaux de la méthodologie, mobilisant des enseignants et des chercheurs, pour, à travers différents types d'incubation, produire des livrables au service du projet.

On retrouvera, à chaque niveau, des éléments déjà rencontrés dans l'expérience PREMaTT, par exemple, au niveau de l'incubation : le rôle de cartes d'expérience, de la mobilisation de la réflexivité des acteurs, la vidéo participative ou encore la méthode trajectoire.⁹

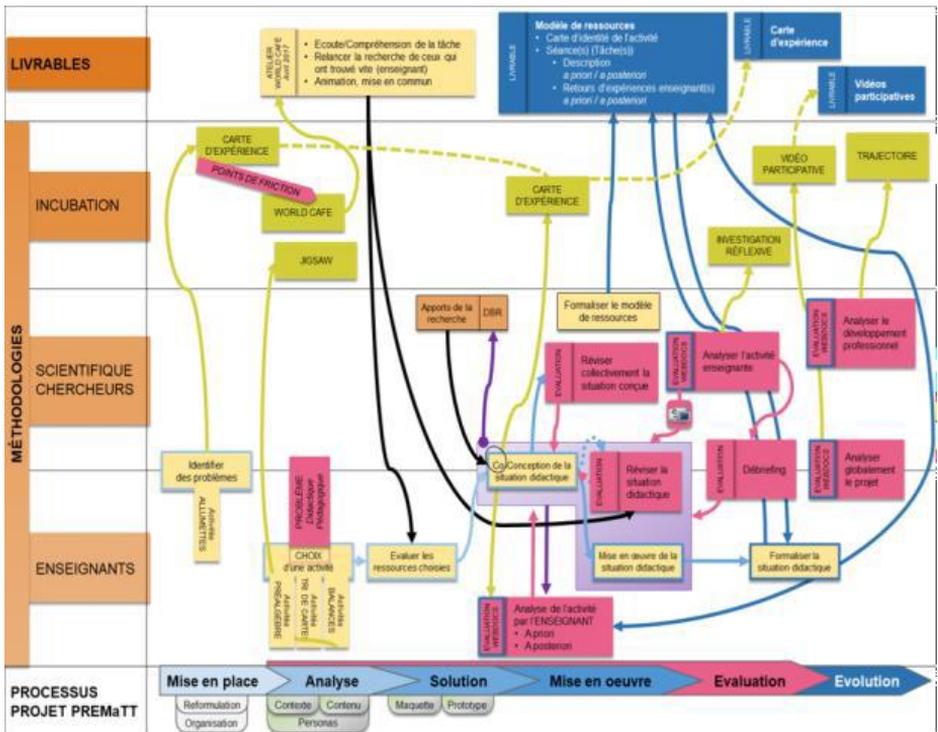


Figure 15. Penser la conception d'une plateforme pour soutenir la conception de ressources

⁹ - Word Cafe et Jigsaw sont des outils spécifiques, liés aux méthodes agiles de conception. Pour en savoir plus : <http://www.theworldcafe.com/world-cafe-book/> et <https://pedagotheque.enpc.fr/2016/12/09/animer-un-grand-groupe-jigsaw>

Comme pour les modèles de ressources (§ 2.1), cette structure n'a pas pour objectif de fournir un cadre contraignant pour le développement de plateformes au service de la collaboration des enseignants : sur la base de l'expérience PREMaTT, elle a permis de penser un nouveau modèle informatique pour une plateforme qui articule projet(s) de recherche et de formation(s).

Bien sûr, on pourrait souhaiter que des instituts de recherche et de développement puissent développer de telles plateformes avec un fort pouvoir intégrateur, tirant profit de tous les projets comme PREMaTT pour enrichir à chaque fois un environnement valorisant les ressources produites. Cela demande des moyens importants et des choix éducatifs et politiques. A suivre donc, et pas seulement pour l'enseignement des mathématiques : toutes les disciplines, tous les curricula, sont aujourd'hui dans des phases de transition. Réussir ces phases suppose, pour chaque système éducatif, de trouver les formes permettant de développer les interactions des acteurs de l'enseignement, professeurs, formateurs, ingénieurs et chercheurs au service du renouvellement des ressources pédagogiques. Nous n'en sommes sans doute, aujourd'hui, qu'à aube de ce type de développement.

Je voudrais, pour finir, remercier l'ICE qui a contribué au financement du projet, l'IFÉ qui a hébergé le LIPEn et les réunions de coordination du projet, et les acteurs de PREMaTT qui ont nourri ce projet, en particulier : Sophie Roubin et Claire Piolti-Lamorthe, qui ont piloté le volet action éducative de PREMaTT, et ont coordonné, avec Jana Trgalova, le premier chantier ; Pierre Benech, l'ingénieur pédagogique qui a coordonné le deuxième chantier ; Catherine Loisy, qui a coordonné le troisième chantier ; et Mohammad Alturkmani, post-doctorant qui a assuré la coordination des trois chantiers. Merci aussi à tous pour la relecture attentive de cet article.

Références

1. Alves, C., Coppé, S., Duval, V., Goislard, A., Kuhman, H., Martin Dametto, S., Piolti-Lamorthe, C., & Roubin, S. (2013). Utilisation des programmes de calcul pour introduire l'algèbre au collège. *Repères-IREM spécial algèbre*, 92, 9-30.
2. Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques*.

- Grenoble : La pensée Sauvage :
3. Gueudet, G., & Trouche, L. (dir.) (2010). *Ressources vives. Le travail documentaire des professeurs en mathématiques*. PUR et INRP : Rennes et Lyon.
 4. Gueudet, G., Bueno-Ravel, L., Modeste, S., & Trouche, L. (2017). Curriculum in France: a national frame in transition. In D. Thompson, M.A. Huntley, & C. Suurtamm, *International Perspectives on Mathematics Curriculum* (pp. 41-70). Charlotte, NC: International Age Publishing.
 5. Guin, D., & Trouche, L. (2008). Un assistant méthodologique pour étayer le travail documentaire des professeurs : le cédérom SFoDEM 2006, *Repères-IREM*, 72, 5-24, disponible à http://www.univ-irem.fr/exemple/reperes/articles/72_article_486.pdf
 6. Institut Carnot de l'éducation (2018). <http://ife.ens-lyon.fr/ife/ressources-et-services/institut-carnot-de-leducation/presentation>.
 7. Loisy, C. (2018). La méthode trajectoire, instrument pour comprendre et soutenir le développement professionnel. Dans J.-Y. Rochex, C. Joigneaux, & J. Netter (dir.), *Histoire, culture, développement : questions théoriques, recherches empiriques - Actes du VI séminaire international Vygotski* (p. 441-454). Paris, Circeft-Escol/Cnam-CRTD.
 8. Maschietto, M., & Trouche, L. (2010). Mathematics learning and tools from theoretical, historical and practical points of view: the productive notion of mathematics laboratories, *ZDM-Mathematics Education*, 42(1), 33-47.
 9. Petite fabrique Péguy (2018). *Retour de l'école Péguy, en vidéo participative, sur une année de projet*. ENS de Lyon http://video.ens-lyon.fr/ife-lipn/2018/2018-06-15_VideoParticipative_Bilan_CharlesPeguy.mp4
 10. PREMaTT (2018). Le site du projet <http://ife.ens-lyon.fr/ife/recherche/groupe-de-travail/prematt>
 11. Rey, O. (2011). *PISA ce que l'on en sait, ce que l'on en fait*. Dossier de veille de l'Institut français de l'éducation <http://veille-et-analyses.ens-lyon.fr/DA-Veille/66-octobre-2011.pdf>
 12. Sayah, K. (2018). *L'intégration des ressources de Sésamath au*

collège : un moteur pour le développement du travail collectif des enseignants de mathématiques en Algérie. Thèse soutenue à l'Université Claude Bernard Lyon 1.

13. Spérano, I., Roberge, J., Bénech, P., Trgalová, J., & Robert, A. (2018). *Exploring New Usages of Journey Maps: Introducing the Pedagogical and the Project Planning Journey Maps*. IEA 2018.
14. Trouche, L. (2014). L'enseignement des mathématiques aujourd'hui, problèmes et perspectives, *EducRecherche, revue de l'INRE*, 7, 42-50.
15. Villani, C., & Torossian, C. (2018). 21 mesures pour l'enseignement des mathématiques. Rapport pour le ministre de l'éducation nationale.
http://cache.media.education.gouv.fr/file/Fevrier/19/0/Rapport_Villani_Torossian_21_mesures_pour_enseignement_des_mathematiques_896190.pdf