HAL
open science

L'approche documentaire du didactique

Luc Trouche, Ghislaine Gueudet, Birgit Pepin, Gilles Aldon

To cite this version:

Luc Trouche, Ghislaine Gueudet, Birgit Pepin, Gilles Aldon. L'approche documentaire du didactique. DAD-Multilingual, 2020. hal-02512596

HAL Id: hal-02512596

https://hal.science/hal-02512596v1

Submitted on 19 Mar 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

L’approche documentaire du didactique

Luc Trouche, Ghislaine Gueudet, & Birgit Pepin
Adaptation française : Ghislaine Gueudet et Luc Trouche
Relecture : Gilles Aldon

Résumé

‘Documentational Approach to Didactics’ est une entrée de l’Encyclopedia of Mathematics Education (Trouche, Gueudet & Pepin 2018). Cette entrée a été mise à jour en 2020 (Trouche, Gueudet & Pepin 2020). Cet article est une adaptation française de cette mise à jour. Elle s’intègre dans une collection rassemblant des adaptations de cette version dans 14 langues (https://hal.archives-ouvertes.fr/DAD-MULTILINGUAL).

L’approche documentaire du didactique est une théorie introduite en didactique des mathématiques. Son principal objectif est de comprendre le développement professionnel des professeurs à travers l’étude de leurs interactions avec les ressources qu’ils utilisent et conçoivent pour les besoins de leur enseignement. Dans ce texte nous rappelons le contexte d’émergence de l’approche, ses sources théoriques, ses principaux concepts ainsi que la méthodologie associée. Nous illustrons ces différents aspects à l’aide d’exemples issus de différentes recherches. Cette présentation synthétique est faite à destination des chercheurs mais aussi de non-spécialistes (étudiant.e.s de master par exemple) intéressé.e.s par une initiation à l’approche documentaire.

Abstract

The ‘Documentation Approach to Didactics is an entry of the Encyclopedia of Mathematics Education (Trouche, Gueudet & Pepin 2020). This entry has been updated in 2020 (Trouche, Gueudet & Pepin 2020). This article is a French adaptation of this updated version. It is part of a collection, gathering such adaptations in 14 languages (https://hal.archives-ouvertes.fr/DAD-MULTILINGUAL).

The documentational approach to didactics is a theory in mathematics education. Its aim is to understand teachers’ professional development by studying their interactions with the resources they use and design in/for their teaching. In this text we briefly describe the emergence of the approach, its theoretical background, its main concepts, and the associated methodology. We illustrate these aspects with examples from different research projects. This synthetic presentation is written for researchers, but also for non-specialists (e.g. master students) interested in a first discovery of the documentational approach.

Mots clés

Ressources curriculaires ; ressources numériques; genèses documentaires; invariants opératoires; systèmes de ressources; ressources pour l’enseignement; travail collectif des professeurs; développement professionnel des professeurs.

Keywords

Curriculum materials; Digital resources; Documentational geneses; Operational Invariants; Resource systems; Resources in/for teaching; Teachers’ collective work; Teacher professional development.

1. Introduction

Les professeurs de mathématiques interagissent quotidiennement avec des ressources conçues à des fins d’enseignement (que nous nommerons ressources curriculaires, par exemple un manuel) ou des ressources non conçues à des fins d’enseignement (par exemple un article de journal). Leur travail avec ces ressources, en classe et en dehors de la classe, inclut la sélection, la modification et la création de nouvelles ressources. Ce travail est appelé le *travail documentaire du professeur*, et ce qu’il produit est nommé la *documentation du professeur*.

Les ressources curriculaires incluent typiquement des textes (par exemple des manuels scolaires, des programmes officiels, ou encore des productions d’élèves) ; des ressources numériques (qui peuvent aussi être des textes, trouvés par exemple sur Internet, mais aussi des logiciels). La disponibilité d’une

profusion de ressources sur Internet suscite de profonds changements, concernant les modalités de choix de ces ressources par les professeurs, les usages qui en sont faits, et de nombreux autres aspects.

Ainsi, l'étude des ressources et des interactions des professeurs avec ces ressources est devenu un champ de recherche majeur (Trouche, Gueudet & Pepin 2019), notamment parce que les réformes du curriculum sont désormais accompagnées dans de nombreux pays par des ressources censées aider les professeurs à mettre en œuvre le nouveau programme selon les attentes de l'institution.

Du point de vue théorique, le travail des professeurs avec des ressources curriculaires a été étudié internationalement en mobilisant une multitude de concepts (Remillard 2005; Pepin *et al.* 2013). Dans la littérature anglo-américaine, on note les distinctions entre *intended curriculum* et *enacted curriculum*, que l'on peut traduire respectivement par *curriculum visé* et *curriculum en actes*. Le passage du curriculum visé au curriculum en actes se rapproche de l'une des étapes du processus de *transposition didactique* (Chevallard 1994), le passage du *savoir à enseigner* au *savoir enseigné* (étape nommée *transposition interne* par Ravel 2005). Dans ce texte nous présentons l'approche documentaire du didactique (ADD dans ce qui suit), issue de la tradition française de recherche en didactique.

2. Les sources de l'approche

L'approche documentaire a été introduite par Ghislaine Gueudet et Luc Trouche (Gueudet & Trouche 2008, 2009 ; Gueudet 2019), puis développée plus avant dans un travail conjoint avec Birgit Pepin (Gueudet, Pepin & Trouche 2012). L'ADD est ancrée dans la tradition française de recherche en didactique des mathématiques (Trouche 2016), dans laquelle les concepts de *situation didactique*, *contrainte institutionnelle* et celui de *schème* sont centraux. Elle s'appuie également sur une perspective socio-culturelle, incluant notamment la notion de *médiation* (Vygotsky 1978) comme composante de tout processus cognitif. De plus, l'ADD a été développée dans le contexte d'une numérisation croissante de l'information et de la communication, qui nécessite de nouvelles approches théoriques.

En effet la numérisation de l'information et de la communication et le développement de l'Internet engendrent des changements majeurs, en termes de facilité et de rapidité, relatifs à l'accès à de nombreuses ressources et à la communication avec de nombreux interlocuteurs. Ceci a produit une métamorphose complète des modes de pensée et d'action, en particulier en éducation concernant de nouveaux équilibres entre des ressources statiques et des ressources dynamiques, entre conception et usage de ressources, entre travail collectif et individuel (Pepin, Choppin, Ruthven, & Sinclair 2017). La prise en compte de ces bouleversements a amené l'ADD à proposer un changement de paradigme. Elle propose ainsi d'analyser le travail des professeurs en se centrant sur les « ressources » pour et dans l'enseignement : ce qu'elles préparent pour nourrir leurs pratiques de classe, et ce qui est continuellement renouvelé par ces pratiques.

Les auteurs de l'ADD se sont appuyés sur des travaux menés internationalement dans plusieurs champs de recherche : (1) le champ de l'usage des technologies ; (2) le champ du développement professionnel des professeurs; (3) le champ de la conception et de l'usage de ressources curriculaires et autres ressources et (4) le champ de l'architecture de l'information.

Dans le champ de l'usage des technologies, la principale source de l'ADD est *l'approche instrumentale*. Cette théorie a été développée par Rabardel (1995) en ergonomie cognitive, puis intégrée en didactique des mathématiques (Guin & Trouche 2002, Guin, Ruthven, & Trouche 2005). Cette théorie distingue un *artefact*, disponible pour un utilisateur, et un *instrument*, développé par cet utilisateur. Le processus de développement de l'instrument est nommé *genèse instrumentale*. Cette genèse combine deux processus : *l'instrumentation* et *l'instrumentalisation* – que l'ADD reprend comme concepts centraux (voir § 3). Le développement de l'approche instrumentale correspondait à une période où les problématiques d'intégration des technologies par les professeurs concernaient un outil unique (par exemple une calculatrice, un logiciel de calcul formel, ou encore un logiciel de géométrie dynamique). Dans le nouveau contexte de numérisation que nous avons évoqué, il devint clair que l'approche instrumentale n'était plus suffisante pour prendre en compte le fait que les professeurs étaient entourés d'une profusion de ressources variées.

L'attention portée aux ressources rejoint la proposition de Adler (2000), qui dans son travail sur le développement professionnel des professeurs en Afrique du Sud propose de « Penser à une ressource comme au verbe ressourcer : nourrir à nouveau, ou différemment. » (p. 207). L'approche documentaire retient cette perspective, et considère un large spectre de ressources : manuels scolaires, ressources en

ligne, échanges de mails avec des collègues, ou encore productions d'élèves etc. Tout ce qui peut ressourcer le travail du professeur, des ressources qui parlent au professeur comme l'évoque Remillard (2005) dans son étude des ressources curriculaires et qui soutiennent son activité professionnelle.

Cette vision étendue des ressources amène à une vision étendue du développement professionnel des professeurs. Comme Ball, Hill et Bass (2005) l'écrivent dans leur étude des « connaissances mathématiques pour l'enseignement », l'enseignement n'est pas réduit au travail dans la classe, mais il inclut aussi l'activité de préparation, de construction d'une progression, d'évaluation, ou encore d'échange avec différents acteurs de l'institution (collègues, ou encore les parents d'élèves). Dans le cadre de l'ADD, nous étudions le travail des professeurs par l'entrée de leurs interactions avec des ressources. Nous considérons (à l'instar de Cooney 1999) que les évolutions de pratiques et les évolutions de connaissances ou convictions professionnelles sont liées. Ce lien est modélisé en termes de schèmes et de genèses, nous l'expliquons en parties 3 et 4.

Dans ce contexte de construction théorique, il fallait choisir un terme désignant ce que le professeur développe, pour un objectif donné, au cours de son travail avec des ressources. Nous avons proposé le terme *document*, reprenant le terme utilisé dans le champ de l'architecture de l'information (Salaün 2012) pour désigner un support porteur d'une intention, et dédié à un usage donné dans un contexte précis. C'est de ce choix que découle naturellement l'appellation « approche documentaire du didactique ».

Par ailleurs, la facilité de communication par Internet conduit cette approche à prendre en compte l'émergence de formes diverses de travail collectif des professeurs : réseaux, associations en ligne, ou encore communautés plus ou moins formelles. La théorie des *communautés de pratique* (Wenger 1998) et ses concepts de *participation, négociation, réification*, a semblé tout particulièrement fructueuse et appropriée pour analyser la conception de ressources par des collectifs de professeurs et les processus de développement professionnel associés.

3. L'approche documentaire du didactique - une approche holistique du travail des professeurs

Nous décrivons, dans cette section, les 'ingrédients' de l'ADD et les processus impliqués. Les termes suivants sont définis: ressources, documents, genèse, instrumentation et instrumentalisation.

Les ressources curriculaires sont toutes les ressources (manuel scolaire, ou ressources en ligne) qui sont utilisées ou développées par les professeurs et les élèves dans leurs interactions avec les mathématiques, à l'intérieur comme à l'extérieur de la classe. Elles intègrent les ressources curriculaires numériques (Pepin, Choppin, Ruthven et Sinclair 2017), que Pepin et Gueudet (2018) distinguent des TICE (Technologies de l'information et de la communication pour l'enseignement). Elles distinguent également les ressources curriculaires *matérielles* (par exemple les manuels, les ressources numériques, les outils de manipulation ou encore les calculatrices), les ressources *sociales* (par exemple une conversation sur le web / forum) et les ressources *cognitives* (par exemple les cadres / outils théoriques utilisés pour travailler avec les professeurs).

En termes de processus, lors de l'interaction avec une ressource particulière, ou des ensembles de ressources, pour un objectif didactique donné, les professeurs développent des schèmes d'utilisation spécifiques (voir section 4 ci-dessous). Ces schèmes, même s'ils sont relatifs aux mêmes ressources et au même objectif, sont susceptibles d'être différents, selon les habitudes et les connaissances des professeurs concernés. Cela a amené Gueudet et Trouche (2008, 2009) à introduire le concept de document, développé par un professeur donné pour un objectif donné au cours d'une genèse documentaire, comme une entité hybride composée d'un ensemble de ressources et d'un schème d'utilisation (Figure 1).

Pepin, Gueudet et Trouche (2013) ont proposé des perspectives théoriques sur le 're-sourcement' du travail et des interactions des professeurs, et l'approche documentaire apparaît particulièrement pertinente pour considérer l'utilisation des ressources comme un processus interactif et potentiellement transformateur. Ce processus combine deux mouvements : les caractéristiques de la, ou des, ressource(s) influencent la pratique des professeurs (c'est le processus d'instrumentation) ; et les habitudes et les connaissances des professeurs guident les choix et les processus de transformation des différentes ressources (c'est le processus d'instrumentalisation) (Figure 1). Ainsi, l'ADD met l'accent sur la nature dialectique des interactions professeur-ressource combinant instrumentation et instrumentalisation (Rabardel, 1995). Ces processus intègrent les pratiques de conception, de re-conception ou de «conception dans l'usage» (où les professeurs modifient un document «dans le feu de l'action).

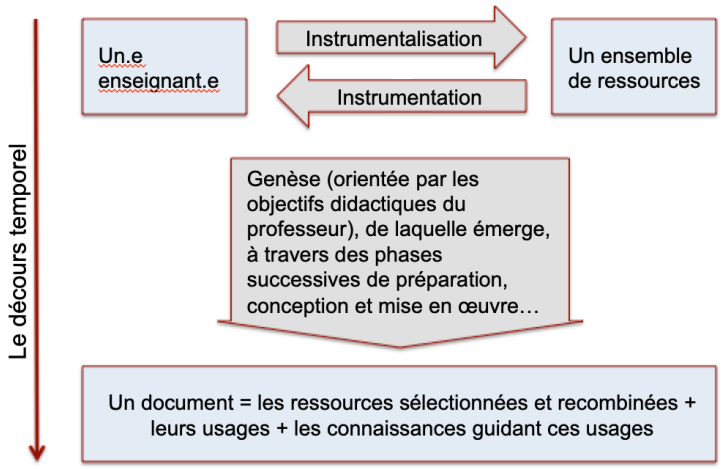


Figure 1. *Une représentation d'une genèse documentaire*

L'ADD propose un modèle des interactions entre les professeurs et les ressources, considérant celles-ci comme déterminantes pour le développement professionnel des professeurs.

Bien qu'il existe une multitude de ressources potentiellement utiles sur l'Internet, il n'existe pas d'outils pouvant soutenir une recherche pertinente, c'est-à-dire correspondant à un objectif d'enseignement particulier, à des caractéristiques ergonomiques spécifiques (en matière d'interactivité par exemple) et qui seraient compatibles, d'un point de vue didactique ou épistémique, avec les ressources déjà intégrées par les professeurs (par exemple, les manuels). En d'autres termes, ce que les professeurs retirent de l'Internet, c'est souvent un ensemble de briques, et c'est à eux qu'il revient de réaliser un assemblage dans la perspective de l'élaboration d'une trajectoire d'apprentissage cohérente de l'élève. Qu'il s'agisse de rechercher des exercices pour compléter une séquence d'enseignement donnée ou de penser des parcours d'apprentissage via un manuel électronique flexible, les professeurs auront besoin de développer de nouvelles compétences/connaissances. Elles auront besoin de développer : leurs capacités de conception (Pepin, Gueudet et Trouche 2017) ; une conscience / sensibilité à la complexité des mathématiques, aux aspects pédagogiques des ressources et à flexibilité de leurs usages (voir fenêtre 1). C'est cet ensemble de compétences que Wang (2018) définit comme étant *l'expertise documentaire* des professeurs, dont le développement suppose des dispositifs de soutien spécifiques : travail collectif des professeurs ou dispositifs de formation continue (Pepin, Gueudet & Trouche 2017).

Fenêtre 1. Ressources au collège : l'exemple du travail documentaire de Vera

Véra est l'un des nombreux professeurs de mathématiques en collège travaillant avec Sésamath en France (Gueudet *et al.* 2013; Pepin *et al.* 2017). Sésamath est une association de professeurs de mathématiques du secondaire en France, dont les membres conçoivent (et proposent gratuitement depuis 2001) des manuels électroniques interactifs sur leur site Internet (http://www.sesamath.net/). Le travail de documentation de Vera est analysé pour une nouvelle leçon : c'est la première fois que Vera enseigne les pourcentages dans une classe de 4ème, et elle utilise une diversité de ressources pour cette leçon, y compris des ressources de Sésamath.

L'analyse se concentre sur un *cycle* de cette leçon : préparation de la leçon ; mise en œuvre ; évaluation de la compréhension des élèves ; et réflexion de Vera sur son travail. Le choix d'un tel cycle est conforme aux idées qui sous-tendent l'ADD : la conception ne se limite pas à la conception initiale d'une ressource donnée pour l'enseignement d'un contenu particulier, mais se poursuit au cours de l'utilisation de cette ressource. Le travail de conception de Vera comprend, par exemple, l'utilisation de LaboMEP (un outil de Sésamath) pour proposer différents exercices à différents élèves - cela lui a fait prendre conscience de la nécessité de différencier son enseignement. LaboMEP propose également des variantes d'exercices avec la même structure. Vera déclare que cela constitue, pour elle, une forte motivation à améliorer son enseignement, en maîtrisant non seulement un ensemble d'exercices familiers, mais aussi les variations (avec la

même structure mathématique) liées à une leçon particulière.

Ces résultats mettent en évidence un développement de la *flexibilité didactique* de Véra. Par flexibilité didactique, nous entendons sa capacité de conception lors de la sélection, de l'utilisation et de la transformation des ressources curriculaires existantes, comme lors de la conception / création de nouveaux matériaux, pour alimenter son enseignement des mathématiques.

L'enseignement est ici considéré comme, essentiellement, un travail de conception. Cela rejoint le point de vue de Brown (2009) pour qui la compréhension de l'enseignement comme un travail de conception, et la compréhension des professeurs comme concepteurs, correspondent à un ensemble de théories cognitives qui « mettent l'accent sur le partenariat vital qui existe entre les individus et les outils qu'ils utilisent pour atteindre leurs objectifs. ... Et ce ne sont pas seulement les capacités des individus qui dictent l'accomplissement humain, mais aussi les possibilités des artefacts qu'ils utilisent » (p. 19).

Brown (2009) considère donc cette relation de la même manière, comme une interrelation : l'activité de « conception » ne dépend pas seulement de la compétence du professeur, mais c'est une interrelation entre les professeurs et les ressources (curriculaires), la « relation professeur-outil », qui est en jeu ici, et donc les possibilités des ressources curriculaires qui influencent cette relation. L'ADD, dans la même perspective, souligne que le travail du professeure - concepteur intègre toujours un acte conscient / délibéré de conception, de création de « quelque chose de nouveau » (par exemple, la combinaison d'éléments existants et nouveaux) afin d'atteindre un certain objectif didactique. Ce travail de développement est analysé grâce à la notion de schème, que nous précisons dans la section suivante

4. Approfondissements théoriques : schèmes et systèmes

Le concept de *schème* (Vergnaud 1996) est central pour l'ADD. Il est étroitement lié au concept de *classe de situations*, qui désigne, dans notre contexte, un ensemble de situations professionnelles correspondant à un même but de l'activité. Par exemple, « gérer l'hétérogénéité d'une classe de 4e » est une classe de situations pour Vera (voir la fenêtre 1). Pour une classe de situations, un sujet (ici un professeur) développe une organisation stable de son activité : c'est un schème. Une autre manière de définir le schème, qui permet aussi de le décrire, est de dire qu'il comporte 4 composantes :

- Le but de l'activité (qui caractérise la classe de situations) ;
- Des règles d'action, de prise d'information et de contrôle ;
- Des invariants opératoires, qui constituent la part épistémique du schème. Il y a deux sortes (associées) d'invariants opératoires : les théorèmes-en-actes, qui sont des propositions considérées comme vraies ; et les concept-en-actes, qui sont des concepts considérés comme pertinents (nous donnons des exemples ci-dessous) ;
- Des possibilités d'inférences, d'adaptation à la variété des situations.

Au cours de son activité, le professeur peut enrichir ses schèmes, en intégrant de nouvelles règles d'action et de nouveaux invariants opératoires ; il/elle peut aussi développer de nouveaux schèmes. Le schème fournit un modèle des processus d'apprentissage, ici du développement professionnel des professeurs. Dans le cadre de l'ADD, les schèmes considérés sont des schèmes d'usage d'une ressource (ou d'un ensemble de ressources). Les ressources produites et le schème constituent un document (ainsi que le modélise l'égalité présentée dans la Figure 1 : un document = les ressources sélectionnées et recombinées + un schème d'usage.

L'ensemble formé par toutes les ressources utilisées par le professeur est appelé son système de ressources. Ces ressources sont associées à des schèmes d'usage, formant ainsi des documents (une même ressource peut intervenir dans plusieurs documents). Les documents développés par un professeur forment aussi un système, appelé le système documentaire du professeur. La structure de ce système suit celle des classes de situations composant l'activité professionnelle du professeur, selon les différents buts de son activité.

Lorsque des professeurs sont engagés dans un travail documentaire collectif, par exemple dans un groupe préparant collectivement ses cours, elles peuvent aussi développer un système de ressources partagé (Trouche, Gueudet & Pepin 2019). Cependant, les différents membres du groupe peuvent développer différents schèmes pour la même ressource, et donc des documents différents (Pepin & Gueudet 2020).

La fenêtre 2 présente une étude de cas à l'école primaire, illustrant les notions d'invariant opératoire, de système de ressources et de système de documents.

Fenêtre 2. Ressources à l'école primaire : l'exemple du boulier virtuel.

Le boulier virtuel[1] (Figure 2) est un logiciel libre développé en France par l'association Sésamath, une association de professeurs de mathématiques qui conçoit des ressources en ligne (voir fenêtre 1).

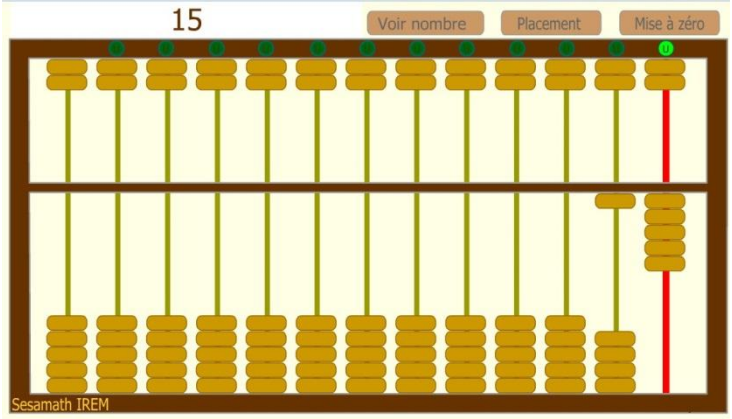


Figure 2. *Le boulier virtuel*

Le boulier chinois est séparé en deux par une barre centrale, nommée la barre de lecture. Seules les boules positionnées le long de cette barre centrale sont considérées comme activées. Le boulier chinois comporte 13 tiges verticales. Chaque tige correspond à un rang dans notre système de numération : unités, dizaines, centaines etc. (de la droite vers la gauche). Pour un même nombre, plusieurs affichages sont possibles sur le boulier chinois. Par exemple le nombre 15 est représenté ci-dessus (Figure 2) en déplaçant 6 boules (une unaire sur la tige des dizaines, et cinq unaires sur la tige des unités). Mais il peut aussi être représenté avec seulement deux boules, en remplaçant les cinq unaires de la tige des unités par une quinaire de cette même tige.

Carlos est un professeur des écoles expérimenté que nous avons suivi pendant trois années, concernant son usage du boulier (Poisard, Bueno-Ravel & Gueudet 2011). Il a décidé d'utiliser le boulier pour son enseignement des nombres en classe de CE2. Il avait remarqué une activité avec le boulier décrite dans le manuel scolaire qu'il utilise, mais il ne voulait pas la mettre en œuvre jusqu'à ce qu'il découvre le boulier virtuel (en raison de la complexité de mise en œuvre avec des bouliers matériels). Il a mis en place une séquence dans laquelle les élèves manipulent d'abord le boulier matériel, et formulent des hypothèses sur son fonctionnement. Ensuite les élèves travaillent avec le boulier virtuel, et écrivent un mode d'emploi du boulier. Ensuite Carlos propose des exercices : inscrire un nombre donné sur le boulier, lire un nombre inscrit sur le boulier. Pour l'évaluation finale, de tels exercices sont donnés sur papier, afin d'empêcher des stratégies par essai-erreur.

Carlos a développé plusieurs documents incorporant le boulier virtuel et d'autres ressources (Poisard et al. 2011). Pour le but « découvrir le fonctionnement du boulier », il a utilisé des bouliers matériels et le boulier virtuel, et a demandé aux élèves d'écrire collectivement des affiches présentant le mode d'emploi du boulier. C'était important pour lui que ses élèves découvrent par eux-mêmes le fonctionnement du boulier. Ceci correspond à un invariant opératoire : « les élèves doivent autant que possible découvrir par eux-mêmes les nouveaux outils qu'ils rencontrent ». C'est aussi lié au concept-en-actes associé « découverte autonome » ; tous deux avaient été développés par Carlos dans sa pratique antérieure à l'emploi du boulier. Un autre invariant opératoire est intervenu dans ses choix : « pour les élèves de CE2, la manipulation de matériel tangible est importante ». Le schème développé par Carlos pour le but « découvrir le fonctionnement du boulier » comporte ces invariants opératoires, et des règles d'actions associées : « il faut proposer des bouliers matériels aux élèves pour qu'ils puissent manipuler », « il faut proposer le boulier virtuel aux élèves, pour qu'ils puissent vérifier quel nombre est inscrit sur le boulier. ».

[1] Pour le logiciel boulier et d'autres ressources, voir http://seminaire-education.espe-bretagne.fr/?page_id=611

Au cours de son travail avec le boulier, Carlos a observé que pour l'exercice : « inscrire un nombre donné sur le boulier », si les élèves utilisaient le boulier virtuel, ils développaient des stratégies d'essai-erreur en faisant afficher le nombre en chiffres à l'aide du bouton « voir nombre ». En conséquence, il décida de faire une évaluation finale sur papier. Carlos a développé un nouveau document pour le but : « enseigner aux élèves comment inscrire un nombre sur le boulier ». Ce document incorpore le boulier virtuel, mais aussi le boulier dessiné sur papier, et un invariant opératoire (théorème-en-actes) du type : « sur le boulier virtuel les élèves peuvent utiliser des stratégies d'essai-erreur »

Carlos est un professeur des écoles expérimenté. Pour l'enseignement du nombre en CE2, il a depuis de nombreuses années développé un système de ressources et de documents (que l'on peut considérer comme un sous-système du système complet de ressources ou de documents). Le boulier a été intégré dans ses ressources, et a donné matière à de nouveaux documents. Certains de ces documents correspondent à des buts directement liés au boulier, comme « découvrir le fonctionnement du boulier », « enseigner aux élèves comment afficher un nombre sur le boulier ». Dans d'autres documents, le boulier n'apparaissait pas dans le but poursuivi, mais était utilisé pour ce but. Par exemple, pour le but : « enseigner les principes de la numération entière », il a utilisé le boulier pour mettre en évidence des principes d'échange et de groupements (comme regrouper deux quinaires sur une tige et les échanger avec une unaire de la tige suivante). D'autres ressources de sons système sont intervenues dans ce document, comme les affiches écrites par les élèves. Certaines de ces ressources ont été décisives dans son choix d'utiliser le boulier : le manuel en particulier, qui a attiré son attention sur le boulier et ses possibilités.

L'ensemble du système de documents du professeur comporte beaucoup de sous-systèmes de documents ayant une structure propre, liée par exemple à un contenu mathématique ou à un type d'activité : sous-système pour la géométrie, sous-système pour l'évaluation. Le système complet peut être décrit à différentes échelles, depuis un niveau très général de l'activité jusqu'à un niveau très précis, lié à un contenu mathématique particulier. Du point de vue de la recherche en didactique des mathématiques, les niveaux les plus précis qui prennent en compte les notions mathématiques en jeu (le but serait alors « évaluer les compétences des élèves concernant les pourcentages au niveau de la classe de 4e ») sont particulièrement pertinents.

Mener une recherche se situant dans le cadre de l'ADD requiert une méthodologie spécifique ; c'est l'objet de la partie suivante.

5. L'investigation réflexive : une construction méthodologique en développement

Cette section présente la conception de la méthodologie liée à l'ADD et les principes fondant cette conception. Elle décrit ensuite un outil illustrant ces principes et présente enfin quelques problèmes auxquels cette méthodologie est confrontée. L'analyse de l'activité des professeurs à travers leur travail documentaire nécessite de prendre en compte les éléments suivants : la diversité des ressources qui alimentent ce travail et en résultent ; la variété des interactions (collectives, institutionnelles et sociales) qui influencent ce travail ; le temps nécessaire au développement des genèses documentaires. Ces considérations épistémologiques ont conduit l'ADD (Gueudet, & Trouche 2010, p. 27) à développer une méthodologie spécifique, nommée investigation réflexive du travail documentaire des professeurs.

Cette méthodologie donne un rôle majeur aux professeurs eux-mêmes et repose sur cinq grands principes[2] :

• le principe d'une collecte large des ressources matérielles utilisées et produites au cours du travail documentaire ;

• le principe du suivi sur le long terme ; les genèses sont des processus en développement et les schèmes se développent sur de longues périodes ;

• le principe du suivi en classe et hors classe. La salle de classe est un lieu important où l'enseignement conçu est mis en œuvre, une mise en œuvre qui suppose adaptations, révisions et improvisations. Cependant, une partie importante du travail des professeurs se déroule en dehors de la salle de classe : à l'école (par exemple dans la salle des professeurs), à la maison, ou encore dans les stages de formation ;

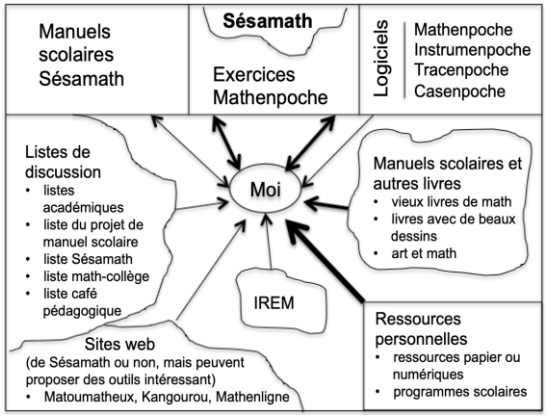
[2] Dans (Gueudet et Trouche 2010), nous ne proposions que les quatre premiers principes. Nous formalisons ici un cinquième principe qui a émergé progressivement des études menées dans le cadre de l'ADD.

• le principe du suivi réflexif du travail documentaire, où le regard du professeur sur son propre travail est largement sollicité ;

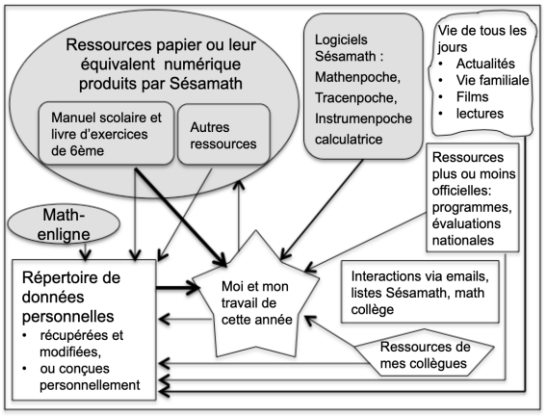
• Le principe de confrontation du point de vue du professeur avec son travail documentaire et la matérialité de ce travail (matérialité provenant par exemple de la collecte de ressources matérielles ou encore des pratiques du professeur dans ses classes).

L'implication active du professeur est une nécessité pratique car c'est lui qui a directement accès à son travail de documentation (au-delà de l'observation directe du chercheur). Elle donne également une position réflexive menant le professeur à une attitude introspective, rendant parfois visible ce qui pourrait être des ressources cachées ou des liens cachés au sein de son système de ressources. Ce suivi à long terme et étroit du travail de documentation des professeurs suppose aussi de clarifier pour le professeur, et dans la mesure du possible, ce que le chercheur demande et dans quel but. Cette nécessité a conduit Sabra (2016) à proposer la notion de contrat méthodologique liant un professeur et un chercheur étudiant son travail documentaire.

Sur la base de ces principes, des stratégies et des outils méthodologiques ont été conçus et adaptés aux différents contextes et questions de recherche. Un outil qui a semblé particulièrement fructueux est la représentation schématique du système de ressources d'un professeur (RSSR, voir figure 3). Le professeur est invité à dessiner une carte de ses ressources, mettant en évidence les ressources qu'il a identifiées et qu'il s'est approprié, en précisant à partir de quelles sources et dans quel but (voir aussi Pepin, Xu, Trouche, & Wang 2016).



En haut de cette représentation apparaissent les ressources de Sésamath : manuels, exercices (Mathenpoche) et logiciels. Les flèches plus ou moins larges permettent de distinguer différents types d'activités : des flèches épaisses pour préparer les cours, moyennes pour préparer les exercices, fines pour préparer les activités. La plupart des flèches concernent des activités (résolution de problèmes, questions ouvertes, qui constituent le cœur de l'enseignement de Pierre)



Le suivi réflexif sur un an rend Pierre plus «conscient» (ses propos) de l'apport de ses collègues comme «sources de ses ressources».

Pierre se «distancie» également des ressources de Sésamath (ses mots): dans sa nouvelle SRRS apparaissent de nouvelles ressources qu'il juge inspirantes (ex: films, lectures, ..).

Pierre est professeur de mathématiques au collège. Il est fortement impliqué dans des formes collectives de travail documentaire collectif, notamment à Sésamath (voir Fenêtre 1). On lui a demandé de dessiner sa RSSR en février 2009 (dessin de gauche), puis en février 2010 (dessin de droite), après un an de suivi réflexif.

Figure 3. La RSSR de Pierre (reprise et traduite de Gueudet, Pepin & Trouche 2012, p. 314 & 318)

Depuis le début de l'ADD, cet outil a été développé dans plusieurs directions :

• Hammoud (2012), travaillant en didactique de la chimie, a proposé une approche pour analyser les RSSR en tant que cartes mentales ; elle a également utilisé les RSSR pour demander aux professeurs de décrire leurs interactions avec leurs collègues ou au sein de différents collectifs ;

• Rocha (2018) a renommé les RSSR « Cartographies *réflexives* du système de ressources des professeurs » (CRSR), pour deux raisons : mettre l'accent sur le rôle de la réflexivité ; dénoter un processus d'exploration progressive d'un territoire inconnu (pour le chercheur, mais aussi, d'une certaine façon, pour le professeur lui-même). Rocha (ibidem), suivant le cinquième principe (voir ci-dessus),

confronte également en permanence la CRSR, faite par le professeur, et ce qu'elle nomme « Cartographie inférée du système de ressources des professeurs » faite par la chercheuse elle-même.

Au-delà de cet outil spécifique, de nouveaux développements méthodologiques de l'investigation réflexive ont été pensés, pour accéder, au plus près, au travail documentaire des professeurs, au moment et à l'endroit où il se produit. Cela suppose d'observer un professeur pendant les épisodes d'interactions avec les ressources non seulement dans les épisodes publics (par exemple dans les salles de classe), mais aussi pendant les épisodes plus intimes : par exemple, quand il prépare une leçon, ou une progression pour l'année, ou quand il les révise. Ce travail a été réalisé pour le suivi d'un cycle d'une leçon (de sa préparation à son implémentation et aux épisodes successifs de révision). Il a donné matière à des *valises* documentaires (Bellemain & Trouche 2016), recueillant les données utilisées et produites par des professeurs au cours de ce cycle. Ce type de suivi soulève certaines difficultés, parmi lesquelles les suivantes :

• Dans quelles conditions «naturelles» un professeur pourrait-il travailler seul avec des ressources et en même temps décrire ce qu'il fait? Wang (2018) a introduit la notion de *partenaire documentaire* d'un professeur, pour désigner les situations où un professeur conduit régulièrement son travail documentaire avec un collègue. Le suivi de la paire de professeurs travaillant ensemble peut ainsi donner accès à leurs explications mutuelles et à certains aspects des connaissances guidant leur travail documentaire (Trouche *et al.* 2019);

• Comment est-il possible de stocker (à des fins d'analyse) les données hétérogènes et nombreuses résultant du suivi du travail de documentation des professeurs? Ce problème a été étudié au sein du projet AnA.doc (Alturkmani *et al.* 2019), à partir du développement d'un prototype de plateforme. Celle-ci permet le stockage de vidéos ainsi que des ressources utilisées ou produites par le travail documentaire des professeurs, pour un partage des données et de leurs analyses au sein d'une communauté de recherche.

L'analyse du travail documentaire des professeurs est un processus complexe. Les cinq principes de la méthodologie d'enquête réflexive fournissent des lignes directrices pour des choix méthodologiques. Les chercheurs qui suivent ces principes doivent faire des choix pour limiter l'abondance des données: choix des moments critiques du travail documentaire des professeurs (voir la notion *d'incidents documentaires*, Sabra 2016) ou de ressources critiques pour le système de ressources d'un professeur (voir la notion de *ressource pivot*, Gueudet 2017). Ce travail est en cours, répondant à des besoins méthodologiques et conceptuels étroitement liés.

6. Développements en cours et perspectives

L'approche documentaire du didactique est un cadre qui a émergé récemment en didactique des mathématiques. Les concepts présentés en sections 2 et 3 : ressources, documents, genèse documentaires, sont désormais solidement établis. Les concepts plus élaborés comme ceux de système de ressources et système de documents continuent d'évoluer. Par exemple, dans le cas de professeurs de mathématiques du secondaire, est-il possible d'observer différents types de structures de leurs systèmes de documents, que l'on pourrait associer à des profils particuliers de professeurs ? Est-ce que certains groupes de professeurs (des communautés de pratique en particulier) partagent des systèmes de documents collectifs ?

De plus les terrains d'application de l'ADD ont évolué au fil des années. En matière de niveaux scolaires, désormais les recherches s'intéressent à des contextes qui vont de la maternelle (Besnier 2019) à l'université (Gueudet 2017; Kock & Pepin, 2018) et incluent également le travail des formateurs de professeurs avec des ressources (Psycharis & Kalogeria 2018). En matière de disciplines, l'ADD a été mobilisée en sciences expérimentales, par exemple en physique-chimie (Hammoud 2012) mais également en langues (Quéré 2019). Quelles sont les spécificités du travail documentaire des professeurs dans ces nouveaux contextes ?

L'emploi de l'ADD dans des contextes sociaux et culturels divers (par exemple au Brésil, en Chine, au Liban, en Norvège, au Sénégal) amène aussi à questionner les terminologies utilisées par les professeurs au quotidien. Cette diversité est le résultat de contextes historiques, sociaux et culturels dans lesquels se déroule le travail des professeurs. Mener des recherches sur ce thème pourrait améliorer et nuancer notre compréhension des interactions entre les professeurs et leurs ressources, et éventuellement conduire à approfondir certains concepts en ADD.

Une étude récente a ouvert une nouvelle direction, en considérant le travail des *étudiants* avec des ressources (Kock & Pepin 2018). D'autres études (Gueudet & Pepin 2018) ont proposé des articulations avec d'autres théories. La théorie des situations didactiques (TSD, Brousseau 1998), par exemple, propose le concept de *milieu* qui désigne tout ce avec quoi l'élève interagit dans une situation donnée. Ces objets peuvent être considérés comme des ressources. Quelles sont les conséquences de tels rapprochements théoriques ?

Ainsi l'ensemble des phénomènes d'enseignement et d'apprentissage considérés par cette approche s'accroît ; ceci amène un développement concomitant des concepts et des méthodes. Ceci apparaît dans les communications et publications se référant à l'approche (en particulier, la conférence Re(s)sources 2018, voir Gitirana et al. 2018 ; Trouche, Gueudet & Pepin 2019), mettant en évidence des ressources manquantes de l'approche et proposant des pistes de développement (Trouche, 2019) pour un cadre théorique vivant.

Références

Adler, J. (2000). Conceptualising resources as a theme for teacher education. *Journal of Mathematics Teacher Education, 3*, 205–224.

Alturkmani, M., Daubias, P., Loisy, C., Messaoui, A., & Trouche, L. (2019). Instrumenter les recherches sur le travail professeur : le projet AnA.doc. *Education & didactique*, *13*(2), 31-60.

Ball, D. L., Hill, H. C., & Bass, H. (2005). Knowing mathematics for teaching. Who knows mathematics well enough to teach third grade, and how can we decide? *American Educator*, *30*(3), p. 14–17, 20–22, 43–46.

Bellemain, F., & Trouche, L. (2016). *Comprendre le travail des professeurs avec les ressources de leur enseignement, un questionnement didactique et informatique*, conférence invitée au premier symposium latino-américain de didactique des mathématiques, Bonito, Brazil, 3 novembre, accessible à https://drive.google.com/file/d/0B6OphkgfrkD3ZFRtTDJ2anRfSWM/view

Besnier, S. (2019). Travail documentaire des professeurs et ressources technologiques : le cas de l'enseignement du nombre à l'école maternelle. *Education & Didactique, 13*(2), 119-153.

Brousseau, G. (1998). *Théorie des situations didactiques.* Grenoble : La Pensée Sauvage.

Brown, M. W. (2009). The teacher-tool relationship: Theorizing the design and use of curriculum materials. In J. T. Remillard, B. A. Herbel-Eisenmann, & G. M. Lloyd (Eds.), *Mathematics teachers at work: Connecting curriculum materials and classroom instruction* (pp. 17–36). New York: Routledge.

Chevallard, Y. (1994). Les processus de transposition didactique et leur théorisation. In G. Arsac, Y. Chevallard, J.-L. Martinand, & A. Tiberghien (Eds.), *La transposition didactique à l'épreuve*. (pp. 135-180). Grenoble : La Pensée sauvage.

Cooney, T. J. (1999). Conceptualizing teachers' ways of knowing. *Educational Studies in Mathematics, 38*, 163–187.

Gitirana, V., Miyakawa, T., Rafalska, M., Soury-Lavergne, S., & Trouche, L. (Eds.) (2018). *Proceedings of the Re(s)sources 2018 international conference*. ENS de Lyon, accessible à https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01764563

Gueudet, G. (2017). University Teachers' Resources Systems and Documents. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education 3*(1), 198-224, accessible à https://link.springer.com/article/10.1007/s40753-016-0034-1

Gueudet, G. (2019). Studying Teachers' Documentation Work: Emergence of a Theoretical Approach. In L. Trouche, G. Gueudet, & B. Pepin (Eds.), *The 'resource' approach to Mathematics Education*. Springer series Advances in Mathematics Education (pp. 447-489). Cham: Springer – Vidéo de la conférence ayant donné naissance à ce chapitre, sous-titrée en français, à cette adresse http://video.ens-lyon.fr/ife/2018/2018-05-28_003_ Ressources2018_Ghislaine_Gueudet_v1.fra.mp4

Gueudet, G., & Pepin, B. (2018). Didactic contract at university: a focus on resources and their use. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education 4*(1), 56-73.

Gueudet, G., Pepin, B., & Trouche, L. (Eds.) (2012). *From Text to 'Lived' Resources: Mathematics Curriculum Materials and Teacher Development.* New York: Springer.

Gueudet, G., & Trouche, L. (2008). Du travail documentaire des professeurs : genèses, collectifs, communautés. Le cas des mathématiques. *Education et didactique,* 2(3), 7-33

Gueudet, G., & Trouche, L. (2009). Towards new documentation systems for mathematics teachers? *Educational Studies in Mathematics, 71*(3), 199-218.

Gueudet, G., & Trouche, L. (2010). Des ressources aux documents, travail du professeur et genèses documentaires. In G. Gueudet, & L. Trouche (dir.) *Ressources vives. La documentation des professeurs en mathématiques* 57-74*,* INRP et PUR

Guin, D., Trouche, L. (dir.) (2002). *Calculatrices symboliques : transformer un outil en un instrument du travail mathématique, un problème didactique*. Grenoble : La pensée sauvage.

Guin, D., Ruthven, K., & Trouche, L. (Eds.) (2005). *The didactical challenge of symbolic calculators: turning a computational device into a mathematical instrument*. New York: Springer.

Hammoud, R. (2012). Le travail collectif des professeurs en chimie comme levier pour la mise en œuvre de démarches d'investigation et le développement des connaissances professionnelles. Contribution au développement de l'approche documentaire du didactique. Thèse de l'Université Lyon 1. https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00762964

Kock, Z.-J., & Pepin, B. (2018). Student use of resources in Calculus and Linear Algebra. Presentation at *INDRUM conference*, Kristiansand April 2018. https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01849945

Pepin, B., Choppin, J., Ruthven, K., & Sinclair, N. (2017). Digital curriculum resources in mathematics education: foundations for change. *ZDM Mathematics Education, 49*(5), 645- 661, accessible à https://link.springer.com/article/10.1007/s11858-017-0879-z

Pepin, B., & Gueudet, G. (2018) Curriculum resources and textbooks in mathematics education. In S. Lerman (Ed.) *Encyclopedia of Mathematics Education.* Springer.

Pepin, B., & Gueudet, G. (2020). Studying Teacher Collaboration with the Documentational Approach: From Shared Resource to Common Schemes? In H. Borko, & D. Potari (Eds.) *ICMI study 25 Proceedings. Teachers of Mathematics Working and Learning in Collaborative Groups.* Lisbon, Portugal.

Pepin, B., Gueudet, G. & Trouche, L. (2013). Re-sourcing teachers' work and interactions: a collective perspective on resources, their use and transformations. *ZDM Mathematics Education. 45*(7), 929-944.

Pepin, B., Gueudet, G., & Trouche, L. (2017). Refining *teacher design capacity*: *Mathematics teachers' interactions with digital curriculum resources*, *ZDM Mathematics Education, 49*(5), 799-812, http://rdcu.be/tmXb

Pepin, B., Xu, B., Trouche, L. & Wang, C. (2017) Developing a deeper understanding of *mathematics teaching expertise*: an examination of three Chinese mathematics teachers' resource systems as windows into their work and expertise. *Educational Studies in Mathematics, 94* (3), 257- 274, accessible à https://link.springer.com/article/10.1007/s10649-016-9727-2

Poisard, C., Bueno-Ravel, L., & Gueudet, G. (2011). Comprendre l'intégration de ressources technologiques en mathématiques par des professeurs des écoles. *Recherches en didactique des mathématiques*. *31*(2), 151-189 https://revue-rdm.com/2011/comprendre-l-integration-de/

Psycharis, G., & Kalogeria, E. (2018). Studying the process of becoming a teacher educator in technology-enhanced mathematics. *Journal of Mathematics Teacher Education*, *21*(6), 631-660. https://doi.org/10.1007/s10857-017-9371-5

Quéré, N. (2019). Les effets du travail de conception collaboratif entre professeur.e.s et chercheur.e.s : une étude de cas en anglais. *Recherches En Education, 38,* 32-46*.*

Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies, approche cognitive des instruments contemporains.* Paris : Armand Colin.

Ravel, L. (2005). Des programmes à la classe : Etude de la transposition didactique interne. Exemple de l'arithmétique en Terminale S spécialité mathématique, In C. Castela & C. Houdement (Eds.), *Actes du séminaire national de didactique des mathématiques, Année 2004*, (pp.193-222).Paris : IREM Paris 7 et ARDM.

Remillard, J. T. (2005). Examining key concepts in research on teachers' use of mathematics curricula. *Review of Educational Research*, *75*(2), 211–246.

Rocha, K. (2018). Uses of Online Resources and Documentational Trajectories: the Case of Sésamath. In L. Fan, L. Trouche, S. Rezat, C. Qi, & J. Visnovska (Eds.), *Research on Mathematics Textbooks and Teachers' Resources: Advances and issues* (pp. 235-258). Cham: Springer.

Sabra, H. (2016). L'étude des rapports entre documentations individuelle et collective : incidents, connaissances et ressources mathématiques. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, *36*(1), 49-95, accessible à https://revue-rdm.com/2016/l-etude-des-rapports-entre/

Salaün, J.-M. (2012). *Vu, lu, su. Les architectes de l'information face à l'oligopole du Web*. Paris : La Découverte.

Trouche, L. (2016). Didactics of Mathematics: Concepts, Roots, Interactions and Dynamics from France. In J. Monaghan, L. Trouche, & J.M. Borwein, *Tools and mathematics, instruments for learning* (pp. 219-256). New York: Springer.

Trouche, L. (2019). Evidencing missing resources of the documentational approach to didactics. Towards ten programs of research / development for enriching this approach. In L. Trouche, G. Gueudet, & B. Pepin (Eds.), *The 'resource' approach to Mathematics Education*. Springer series Advances in Mathematics Education (pp. 447-489). Cham: Springer – Vidéo de la conférence ayant donné naissance à ce chapitre, sous-titrée en français, à cette adresse http://video.ens-lyon.fr/ ife/2018/2018-05-30_009_Ressources2018_Luc_Trouche_v1.mp4.

Trouche, L., Gitirana, V., Miyakawa, T., Pepin, B., & Wang, C. (2019). Studying mathematics teachers interactions with curriculum materials through different lenses: towards a deeper understanding of the processes at stake. *International Journal of Educational Research 93*, 53-67, accessible à https://doi.org/10.1016/j.ijer.2018.09.002

Trouche, L., Gueudet, G. & Pepin, B. (2018). Documentational Approach to Didactics. In S. Lerman (Ed.) *Encyclopedia of mathematics education*. Cham: Springer

Trouche, L., Gueudet, G. & Pepin, B. (2020). Documentational Approach to Didactics, An updated version https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02494035

Trouche, L., Gueudet, G., & Pepin, B. (Eds.) (2019). *The Resource approach to mathematics education.* New York: Springer.

Vergnaud, G. (1998). Toward a cognitive theory of practice. In A. Sierpinska, & J. Kilpatrick (Eds.), *Mathematics education as a research domain: A search for identity* (pp. 227–241). Dordrecht: Kluwer.

Vygotsky, L. S. (1978). *Thought and language*. Cambridge: MIT Press (Original work published 1934).

Wang, C. (2018). Mathematics teachers' expertise in resources work and its development in collectives. A French and a Chinese Cases. In Fan, L., Trouche, L., Rezat, S., Qi, C., & Visnovska, J. (Eds.), *Research on Mathematics Textbooks and Teachers' Resources: Advances and issues* (pp. 193-213*)*. Springer.

Wenger, E. (1998). *Communities of practice. Learning, meaning, identity*. New-York: Cambridge University Press.