

DESCRIPTEURS DIDACTIQUES D'« EXERCICES DE MATHÉMATIQUES » : CATEGORISATION ; UTILITE ET UTILISABILITE D'UN MODELE

JOLIVET* Sébastien

Résumé – cette contribution s'inscrit dans le questionnement relatif à la diffusion des ressources et plus précisément la description de celles-ci. Nous présentons le lien entre un modèle, conçu par nous, de description didactique d'exercices de mathématiques et le résultat d'une enquête sur les besoins d'utilisateurs en matière de description d'exercices de mathématiques. Toujours à partir de cette enquête nous proposons aussi une liste de métadonnées pouvant être associée à un exercice de mathématiques.

Mots-clés : exercice de mathématiques, métadonnées didactiques, EIAH, modèle

Abstract – We aim at questioning the mathematical resource dissemination, and more particularly their description. We analyze the requirements of teacher and researcher and we present a model, which enables us to get a description based on didactics criteria.

Keywords: mathematics exercises, didactical metadata, TEL, model

I. INTRODUCTION

Nous situons cette contribution dans le champ des questions liées à la diffusion des ressources et plus précisément au niveau de leur recherche et de leur recommandation. Pour cela il est nécessaire que la ressource soit bien décrite, dans le sens où cette description permette de trouver la bonne ressource au bon moment. Nous nous intéressons plus précisément à la mise en relation entre ressources et mise en œuvre d'un projet didactique. Nous présentons le recueil de descripteurs d'exercices de mathématiques, mené auprès d'utilisateurs et d'experts en didactique. Nous évaluons aussi la capacité d'un modèle de description didactique de ressources à prendre en charge ces descripteurs.

Le terme *ressource* peut avoir une acceptation très large comme le montre par exemple la diversité des contributions dans Gueudet & Trouche (2010). Pour notre travail nous nous limitons à celles du type *exercices de mathématiques*¹.

Dans cette contribution nous présentons tout d'abord quelques approches relatives à la description de ressources (*partie II*) ; leur analyse permet de caractériser les éléments nécessaires à un modèle de description didactique d'exercices de mathématiques qui est alors brièvement présenté dans la *partie III*. La *partie IV.1* est consacrée à la présentation de la méthode du recueil de descripteurs de ressources, besoins qui sont catégorisés dans la *partie IV.2*. La *partie IV.3* présente une double confrontation entre ces besoins et le modèle proposé dans la *partie III*, évaluant l'utilité du modèle et son utilisabilité par des utilisateurs non experts du modèle. Nous empruntons ces termes au domaine des EIAH (Tricot et al., 2003). L'utilité questionne l'adéquation entre l'objectif défini par le concepteur et la réalisation de cet objectif lors de la mise en œuvre. L'utilisabilité, elle, est relative à la possibilité pour l'utilisateur de s'approprier l'environnement.

Le cadre théorique principal utilisé dans notre travail est la théorie anthropologique du didactique (TAD) (Chevallard, 1992, 1999) en raison du double constat suivant : - un exercice de mathématiques a pour fonction de solliciter une activité humaine, activité mathématique en l'occurrence, - il est fondamental de prendre en compte des dimensions institutionnelles lors

* Laboratoire d'Informatique de Grenoble, équipe Metah – France – sebastien.jolivet@univ-grenoble-alpes.fr

¹ Nous proposons une acceptation large de ce terme par exemple au sens proposé par Bittar (2017), d'*activités proposées* par opposition à tout ce qui est assimilable à du *cours* dans un manuel scolaire.

de la description des ressources. Nous mobilisons plus particulièrement l'approche praxéologique, ainsi dans la suite de ce texte nous considérons qu'une activité humaine peut être modélisée par le biais d'un quadruplet praxéologique $[T ; \tau ; \theta ; \Theta]$ dans lequel un type de tâches T réunit un ensemble de tâches $\{t_i\}_i$ pouvant être réalisées par au moins une technique τ qui est justifiée par un environnement technologique θ et théorique Θ . C'est en s'appuyant sur cette modélisation que nous parlons de tâches et de techniques dans les parties suivantes. Enfin la volonté d'inscrire le travail réalisé dans une perspective EIAH² nous conduit à intégrer l'extension du modèle praxéologique construite dans le modèle T4TEL (Chaachoua, 2018).

II. APPROCHES RELATIVES A LA DESCRIPTION DE RESSOURCES

Dans cette partie nous examinons quelques travaux relatifs à la question de la description de ressources de manière à pouvoir identifier les apports et limites de l'existant. Le premier paragraphe est relatif à des normes ou standards qui visent à décrire une classe très large de ressources, le second se réfère à un travail visant un type de ressources particulières et le troisième présente des travaux inscrits dans une perspective didactique.

Dans son travail, Loiseau (2009) présente un panorama des standards de description de ressources pédagogiques. Il ressort de cette présentation que les standards de description de ressources pédagogiques ne permettent pas une description didactiquement ou pédagogiquement pertinentes. Parmi les standards utilisés on pourra retenir le Learning Object Metadata (LOM) ou sa déclinaison ScoLOMFR qui se veulent des outils de description des ressources numériques de l'enseignement scolaire³. Dans ScoLOMFR on peut constater qu'une seule des neuf familles de métadonnées est centrée sur la pédagogie. Dans celle-ci les champs retenus et le vocabulaire associé sont loin de permettre une description des caractéristiques didactiques d'une ressource⁴. Ils sont aussi fortement liés à l'état de l'institution scolaire à un temps et un espace donnés.

Dans le projet européen Intergeo le choix a été fait de se focaliser sur un domaine particulier, la géométrie, et de se concentrer sur les ressources issues de la géométrie dynamique. Par ailleurs les acteurs ont aussi questionné la qualité des ressources. Comme signalé par les auteures dans (Trgalova, Jahn, & Soury-Lavergne, 2009) le projet s'est intéressé à « trois grands objectifs (...) : interopérabilité de nombreux logiciels de GD, mutualisation de ressources et démarche qualité concernant ces ressources ». La diversité des pays impliqués dans le projet, et donc des systèmes scolaires, a amené à questionner la relativité institutionnelle de telle ou telle description de ressource et les moyens de mener une recherche de ces ressources (Libbrecht & Desmoulins, 2009).

Enfin certains travaux ont concerné de manière spécifique le type de ressource « exercices de mathématiques ». Une première approche est de se centrer sur le contenu de l'exercice avec la définition d'une typologie basée sur les questions posées comme cela est proposé dans Bodin (2009) ou une centration sur les objectifs cognitifs relatifs à l'activité mathématique comme réalisé dans la taxonomie proposée par Gras (1979). Une autre approche est d'examiner les exercices en situation d'utilisation et de définir des critères permettant d'évaluer la difficulté d'un exercice en prenant en compte les éléments du contexte

² Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain

³ Voir le site officiel : lom-fr.fr/scolomfr/

⁴ Nous n'avons pas la place de développer davantage ici, le lecteur intéressé pourra consulter sur cette page (<https://www.reseau-canope.fr/scolomfr/se-documenter.html>) la carte heuristique dynamique et ses vocabulaires

d'utilisation (la classe, les apprentissages antérieurs des élèves...) comme proposé dans les travaux de Castela (2008) ou de Robert & Rogalski (2002).

En bilan de la présentation de ces quelques travaux nous retenons les éléments suivants :

- Les limites des standards et normes pointées par Loiseau nous semblent importantes pour au moins deux raisons. La première est la faiblesse, pour ne pas dire l'absence, d'éléments de nature didactique. En effet les seuls éléments présents dans la famille pédagogie relèvent au mieux du genre de tâche. La deuxième est le lien fort qui est opéré entre la ressource décrite et une institution posant ainsi la question de la pérennité temporelle et spatiale de cette description.
- La question de la qualité de la ressource, intégrée dans InterGeo, ne nous semble pas adaptée à une perspective d'indexation en raison de sa dimension subjective et de sa corrélation forte à un contexte et des modalités d'utilisation. Dans InterGeo cette question était gérée par la multiplicité de retours utilisateurs, ce qui n'est pas en lien avec notre démarche. Par contre la focale mise sur la relativité géographique du vocabulaire utilisé pour décrire et nommer, s'inscrit plus largement dans la question de la relativité institutionnelle du savoir mise en évidence dans la TAD. L'objectif d'interopérabilité entre différents systèmes nous semble aussi importante même si nous ne l'abordons pas dans cette contribution.
- Les travaux menés par Robert ou Castela nécessitent de connaître le contexte d'utilisation de la ressource pour pouvoir la caractériser, notamment en terme de difficulté. Pour notre part nous souhaitons une description indépendante de ce contexte d'utilisation. Il est toutefois pertinent d'interroger la possibilité de calculer certaines informations complémentaires liées à un contexte particulier à partir des informations initialement contenues dans la description.

Si dans le cadre de son travail, Loiseau s'intéresse à des ressources de type « texte authentique en langue étrangère » et donc à des ressources qui ne sont pas construites avec une finalité pédagogique et/ou didactique, nous nous intéressons, pour notre part, à des ressources de type exercice de mathématiques qui embarquent une intention didactique originelle (celle qui a guidé le concepteur de la ressource). La question de la (ré)association entre une ressource et une ou des intentions didactiques est donc posée.

III. UN MODELE POUR DECRIRE LES RESSOURCES

Au regard du bilan réalisé précédemment nous visons donc à proposer un modèle de description de ressources présentant les caractéristiques suivantes :

- Etre basé sur des critères didactiques,
- Etre indépendant du descripteur,
- Etre compatible (représentation et calculabilité) avec une perspective EIAH⁵
- Ne pas être lié à une institution particulière mais permettre de déterminer l'adéquation institutionnelle
- Permettre la mise en relation d'un projet d'étude d'une organisation mathématique et d'une ressource

⁵ Nous signifions par-là que les différents objets manipulés doivent être définis de manière à pouvoir être représentés informatiquement et que l'on puisse effectuer des calculs sur ces représentations. La prise en compte de la perspective EAIH signifie que le travail réalisé doit pouvoir déboucher sur la production ou l'enrichissement de services (diagnostic, aide à la conception de parcours d'apprentissage...)

Nous présentons brièvement ce modèle dans Jolivet (2018) et de manière complète dans Jolivet (2018a), nous ne le détaillons pas ici. Retenons qu'il est appuyé sur un modèle praxéologique de référence (MPR) (Bosch & Gascon, 2005) du domaine des ressources à décrire et d'une représentation informatique de ce MPR (Chaachoua, Ferraton, & Desmoulins, 2013). Il propose de décrire une ressource selon trois dimensions. La *dimension tâches* comprend à la fois la structuration de l'exercice (questions, sous-questions...) et les tâches à réaliser. La *dimension ostensifs* intègre l'ensemble des objets ostensifs (Bosch & Chevallard, 1999) mobilisés dans l'exercice, qu'ils soient présents pour définir la tâche, fournir des éléments de la technique ou orienter ou imposer le choix de telle ou telle technique. Enfin, la *dimension relations entre les tâches* permet de déterminer, au travers de quatre relations si deux tâches relèvent du même type de tâches ; si une tâche est une spécialisation d'une autre ; si deux tâches relèvent d'un même type de tâche plus générique et enfin si une tâche est utile pour en réaliser une autre.

IV. DESCRIPTEURS D'UN EXERCICE DE MATHÉMATIQUES ET LIENS AVEC LE MODÈLE

Nous présentons ici une partie des résultats⁶ d'une enquête qualitative menée selon la méthode du focus group (Kitzinger, 1995). Elle visait à répondre à différentes questions dont trois sur lesquelles nous revenons dans cet article : Q1 : Quels sont les descripteurs pour décrire des exercices de mathématiques et peut-on les catégoriser ? ; Q1' : Les descripteurs sont-ils identiques selon les profils de contributeurs les définissant ? Q2 : La dimension objets ostensifs de notre modèle est-elle pertinente ? ; Q3 : notre modèle est-il utile et utilisable au regard des besoins exprimés ?

1. Méthodologie

Comme nous interrogeons notamment les différences et similitudes des descripteurs proposés selon les participants, nous avons travaillé avec deux groupes, chacun de six participants. Le premier réunit des participants qui ont en commun le fait d'être chercheur-e-s, ceux du deuxième groupe ont en commun d'être praticien-ne-s. Ne pas mélanger ces profils avait pour motivation de ne pas avoir à gérer trop de régulations, dues à des incompréhensions entre utilisation recherche et utilisation métier de vocabulaires parfois communs. Tous les participants sont amenés à utiliser, prescrire, analyser, chercher ; et plus marginalement produire ; de telles ressources.

Le focus group recherche (noté FGR par la suite) a regroupé six chercheurs, cinq en didactique des mathématiques et un en sciences de l'éducation. Le focus group praticiens (noté FGP par la suite) a regroupé six enseignants (deux en collège, deux en lycée, un à mi-temps en lycée et à mi-temps dans une ESPE et un à temps plein dans une ESPE). FGR et FGP ont été organisés selon les mêmes modalités en trois grandes phases : *phase 1* production d'une liste de descripteurs par chaque participant et enrichissement de cette liste à partir de la consigne suivante « à partir de votre expérience et en vous appuyant si nécessaire sur les énoncés mis à disposition⁷, proposer le plus possible d'éléments qui vous semblent pertinents pour décrire des ressources de ce type » – *phase 2* classement, par chaque participant, de ses descripteurs en quatre niveaux d'importance et échanges – *phase 3* liaison, si possible, entre

⁶ L'intégralité de cette enquête est présentée dans les chapitres XIII et XIV de (Jolivet, 2018a)

⁷ Chaque participant disposait de cinquante énoncés, extraits de divers manuels de collège, qui avaient été volontairement totalement décontextualisés (suppression de toute information relative à un chapitre, une typologie d'exercice...).

les descripteurs et les trois dimensions du modèle présenté dans le paragraphe III. Les phases 1 et 2 sont totalement indépendantes du modèle de description, il est d'ailleurs présenté aux participants, sans utiliser le vocabulaire spécifique de la TAD pour le FGP, uniquement au début de la phase 3.

2. *Production de descripteurs par les participants puis catégorisation par le chercheur des descripteurs*

Lors de la phase 1 il était attendu que chaque participant produise une liste de descripteurs lui paraissant pertinents pour décrire un exercice de mathématiques. Pour favoriser la réflexion chaque participant disposait d'un corpus de cinquante exercices provenant de divers manuels de collège, pris dans différents chapitres et pour lesquels tout élément de contexte avait été supprimé (information renvoyant à une typologie d'exercice propre à tel ou tel manuel, référence à un chapitre...). Une fois la première liste de chaque participant produite, un temps collectif a eu lieu durant lequel chacun a pu communiquer ses descripteurs, apporter des précisions si demandées par d'autres, et éventuellement enrichir sa liste initiale de descripteurs proposés par d'autres participants. Nous nommons *descripteurs produits* ceux créés par un participant et *descripteurs empruntés* ceux repris suite à échange avec un autre participant. C'est le résultat de cette première phase du focus group que nous allons maintenant analyser.

A l'issue de la phase 1, 165 descripteurs (116 descripteurs produits et 49 descripteurs empruntés) ont été produits permettant ainsi de répondre à la première moitié de Q1. Pour traiter la deuxième moitié de Q1 (catégorisation) nous avons choisi de considérer les 165 descripteurs et pas uniquement les 116 initiaux dans la mesure où, lors des emprunts, des reformulations ont parfois eu lieu apportant un éclairage complémentaire sur le sens de tel ou tel descripteur pour l'emprunteur. Une analyse des descripteurs nous a permis de définir treize catégories. Si elles n'ont pas été définies *a priori*, elles sont cependant appuyées sur un état de l'art réalisé précédemment concernant l'existant en matière de description de ressources et partiellement présenté dans le II. Les dénominations ont été choisies par nous et sont volontairement assez neutres dans le sens où elles évitent de référer à un cadre théorique particulier. Lors de la répartition des descripteurs produits nous avons été amené à dissocier 13 descripteurs en deux ou trois nouveaux descripteurs. Ainsi ce sont 183 descripteurs qui ont été répartis dans les différentes catégories. Nous présentons brièvement la définition de ces catégories en indiquant entre parenthèses (effectif *descripteurs produits* / effectif *descripteur empruntés*). Pour certaines nous ajoutons quelques éléments significatifs d'analyse.

- Source (2 ; 3) : descripteurs relatifs à l'origine de la ressource (auteur(s), lieu de publication). Aucun descripteur ne provient du FGP, deux ont été produits par le chercheur 1 et repris par trois autres chercheurs.
- Niveau scolaire (4 ; 5) : descripteurs qui évoquent la notion de niveau associé à une ressource. Deux approches sont présentes, la première fait référence à une institution générique (classe de 4e, programmes 2015) l'autre instancie le niveau au lieu d'usage.
- Domaine (22 ; 3) : descripteurs qui font références à un élément que l'on pourrait placer sur l'échelle de codétermination du didactique proposée par Chevallard (Chevallard, 2002b). Par exemple « équation » ou « algèbre » ou « géométrie plane, théorème de Thalès ».
- Prérequis (8 ; 5) : descripteurs qui font référence à l'équipement praxéologique nécessaire à l'élève pour réaliser la ou les tâches données.
- Matériels (8 ; 1) : descripteurs qui font référence à la présence de matériels tangibles (instruments de géométrie) ou de matériels numériques (logiciels, calculatrice). Chaque

matériel peut être d'une part convoqué – non convoqué – interdit et d'autre part utile – nécessaire.

- Modalités pédagogiques (2 ; 6) : descripteurs qui interrogent d'une part l'organisation des élèves (individuel, groupe, classe entière) et d'autre part le lieu d'utilisation de la ressource. Cette catégorie est peu présente chez les chercheurs (1 ; 1) mais importante pour les praticiens (1 ; 5).
- Durée (2 ; 3) : descripteurs qui associent une durée à la ressource. Cette durée peut être a priori ou constatée sur un ensemble d'usages.
- Nature (5 ; 1) : descripteurs qui caractérisent la ressource pour ce qu'elle est en s'appuyant soit sur du vocabulaire métier (activité flash, tâche complexe...) ou du vocabulaire issu de la didactique (problème ouvert).
- Visuel (18 ; 5) : descripteurs qui font référence à des éléments visibles. Ils mobilisent notamment des références généralistes (mode de Bruner ; registres sémiotiques de Duval ; ostensifs de Bosch et Chevallard) ou spécifiques (dessin – figure).
- Fonction (28 ; 3) : descripteurs qui définissent la ressource au travers de son objectif didactique, nous rattachons cette catégorie aux moments didactiques définis par Chevallard (2002a) (travailler une technique ; construire le bloc technologico-théorique).
- Activité (24 ; 5) : descripteurs qui définissent la ressource par l'activité qu'elle porte. Nous rattachons cette catégorie à une taxonomie des activités cognitives en mathématiques, par exemple celle de Gras (1979). Par exemple « modéliser » ; « (...) raisonner, conjecturer ».
- Difficulté (5 ; 7) : descripteurs qui renvoient à la difficulté de la ressource.
- Non classé (6 ; 2) : cette catégorie regroupe les 8 descripteurs (moins de 5% de l'effectif total) qui ne peuvent être ni regroupés ni liés aux catégories précédentes. Exemple « Les éventuels préjugés sociaux véhiculés par les ressources (racisme, sexisme) ».

Ainsi nous pouvons répondre positivement à la question Q1, d'une part en raison de la diversité des descripteurs produits (plus d'une quinzaine par participant en moyenne) et d'autre part en raison de la possibilité qu'il y a eu de définir un nombre raisonnable de catégories permettant de les organiser presque tous. Par ailleurs, nous avons noté une ambiguïté possible quant à la catégorie de rattachement pour seulement moins de 10% (sur 183) des descripteurs. Concernant la question Q2, nous interprétons le volume important de descripteurs de la catégorie visuel comme un élément amenant une première réponse positive à cette question.

3. *Liens entre le modèle et les besoins utilisateurs*

Pour répondre à Q3 (utilité et utilisabilité), au regard des descripteurs produits, nous avons procédé à une mise en relation modèle – descripteurs. Concrètement il s'agit, pour chaque descripteur, de répondre à la consigne suivante « pensez-vous possible de retrouver les informations de votre descripteur à partir des informations contenues dans une ou plusieurs dimensions du modèle ? Si oui, laquelle ou lesquelles ? ». Cette mise en relation a été réalisée avec deux points de vue que nous avons ensuite comparés. Tout d'abord les participants aux focus group ont, individuellement, mis en relation leurs descripteurs et le modèle. Par la suite le chercheur, sans prendre connaissance des relations réalisées par les participants, a aussi relié les 165⁸ descripteurs au modèle. Nous avons ensuite procédé à une comparaison entre les traitements réalisés selon les deux points de vue.

⁸ Nous avons travaillé à ce moment-là avec les 165 descripteurs initiaux et non plus avec les 183 obtenus lors de la répartition dans les catégories.

Parmi les résultats de cette étude comparative nous retenons en particulier :

- Pour les participants aux focus groups, seuls 12 descripteurs sur 165 ne peuvent pas être obtenus à partir des informations issues du modèle, 14 pour le chercheur. Dans les deux cas cela représente moins de 10% des descripteurs. On trouve en particulier les descripteurs en lien avec l'origine de la ressource.
- Pour 47 descripteurs les participants et le chercheur ont opéré exactement la même mise en relation (i.e. mêmes dimensions mobilisées et mêmes dimensions non mobilisées) entre les dimensions du modèle et le descripteur. Pour 73 autres descripteurs il y a une différence sur une seule dimension (i.e. mobilisée pour le participant et non mobilisée par le chercheur ou vice-versa).
- Dans seulement 7 cas le chercheur et le participant n'ont qu'une ou aucune valeur en commun.
- Quand il y a divergence entre le chercheur et le participant dans la majorité des cas c'est que le chercheur mobilise au moins une dimension supplémentaire du modèle par rapport au participant.

Nous concluons de cette étude que la réponse à Q3 est positive. D'une part le modèle construit semble utilisable assez simplement par des non experts du modèle et d'autre part il permet *a priori* de répondre à la très grande majorité des besoins de description d'une ressource exprimés par les participants aux focus-groups. Relativement à Q2, la *dimension objets ostensifs* est mobilisée 49 fois (30%) par les participants et 76 fois (46%) par le chercheur. Si l'écart n'est pas négligeable, les deux valeurs plaident pour l'existence de cette dimension. La question est maintenant évidemment celle de la méthode pour relier la description d'un exercice obtenue selon le modèle aux différents descripteurs. Ceci est un autre aspect de notre travail que nous ne présentons pas dans cette contribution.

V. CONCLUSION

En terme de résultats nous disposons donc d'un modèle qui permet d'une part de prendre en compte les objectifs de qualité de la description didactique d'une ressource de type exercice, et qui d'autre part semble permettre de calculer une part importante des éléments relatifs aux besoins exprimés par des utilisateurs de ressources de ce type. Par ailleurs, l'utilisation du modèle sur un nombre significatif d'exercices issus de différentes sources, actuellement en phase de réalisation, devrait permettre de confirmer l'utilisabilité du modèle produit.

Concernant la méthodologie, les participants aux focus groups ne représentent pas l'ensemble des utilisateurs, par exemple nous n'avons pas encore intégré à notre enquête les éditeurs de ressources qui ont des besoins spécifiques, cependant nous avons obtenu un résultat quantitativement et qualitativement significatif. Nous pourrions, mais cela ne fait pas sens par rapport à notre travail immédiat, compléter l'enquête réalisée par une étude quantitative, sur une population plus large, à partir des descripteurs obtenus par notre approche qualitative.

Parmi les questions et perspectives soulevées par ce travail nous en soulignons deux. La première est la possibilité d'alimenter, partiellement, de manière automatique un ensemble de métadonnées standardisé (type ScoLOM.Fr par exemple) à partir des éléments contenus dans la description basée sur le modèle. La seconde est celle liée au pendant de l'indexation qu'est la recommandation : quelle mise en relation d'une ressource décrite à l'aide du modèle avec un ou plusieurs projets didactiques ? Trois axes principaux sont exploités pour ce travail en

cours : la théorie de l'intentionnalité de Portugais (1999), les moments didactiques de Chevallard (Chevallard, 2002b) et la notion d'étayage (Bruner, 1983).

REFERENCES

- Bittar, M. (2017). A Teoria Antropológica do Didático como ferramenta metodológica para análise de livros didáticos. *Zetetiké*, 25(3).
- Bodin, A. (2003). Comment classer les questions de mathématiques ? In *Communication au colloque international du Kangourou, Paris*. Consulté à l'adresse www.irem.univ-mrs.fr/IMG/doc/Classification_des_enonces_mathematiques.doc
- Bosch, M., & Chevallard, Y. (1999). La sensibilité de l'activité mathématique aux ostensifs. *Recherche en didactique des mathématiques*, 19(1), 77-124.
- Bosch, M., & Gascon, J. (2005). La praxéologie comme unité d'analyse des processus didactiques. Dans A. Mercier & C. Margolinas (Eds.). In *Balises pour la didactique des mathématiques : cours de la 12e école d'été de didactique des mathématiques* (p. 107- 122). La Pensée Sauvage.
- Bruner, J. S. (1983). *Le développement de l'enfant : savoir-faire, savoir dire*. Paris: PUF.
- Castela, C. (2008). Travailler avec, travailler sur la notion de praxéologie mathématique pour décrire les besoins d'apprentissage ignorés par les institutions d'enseignement. *Recherche en didactique des mathématiques*, 28(2), 135-182.
- Chaachoua, H. (2018). T4TEL : Un cadre de référence pour la formalisation et l'extension du modèle praxéologique. In *Actes du 6e congrès pour la Théorie Anthropologique du Didactique*. Autrans.
- Chaachoua, H., Ferraton, G., & Desmoulins, C. (2013). Utilisation du modèle praxéologique de référence dans un EIAH. In G. Cirade, M. Artaud, M. Bosch, J.-P. Bourgade, Y. Chevallard, C. Ladage, & T. A. Sierra (Éd.), *Evolutions contemporaines du rapport aux mathématiques et aux autres savoirs à l'école et dans la société* (p. 301-324). Toulouse, France. Consulté à l'adresse <https://citad4.sciencesconf.org/>
- Chevallard, Y. (1992). Concepts fondamentaux de la didactique : perspectives apportées par une approche anthropologique. *Recherche en didactique des mathématiques*, 12(1), 83- 121.
- Chevallard, Y. (1999). L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 19(2), 221-265.
- Chevallard, Y. (2002a). Organiser l'étude. 1. Structures & Fonctions. In J.-L. Dorier, M. Artaud, M. Artigue, R. Berthelot, & R. Floris (Éd.), *Actes de la XIe école d'été de didactique des mathématiques* (p. 3-22). La Pensée Sauvage, Grenoble.
- Chevallard, Y. (2002b). Organiser l'étude. 3. Ecologie & régulation. In J.-L. Dorier, M. Artaud, M. Artigue, R. Berthelot, & R. Floris (Éd.), *Actes de la XIe école d'été de didactique des mathématiques* (p. 41-56). La Pensée Sauvage, Grenoble. Consulté à l'adresse http://yves.chevallard.free.fr/spip/spip/IMG/pdf/Organiser_1_etude_3.pdf
- Gras, R. (1979). *Contribution à l'étude expérimentale et à l'analyse de certaines acquisitions cognitives et de certains objectifs didactiques en mathématiques* (Thèse de doctorat). Université de Rennes I.
- Gueudet, G., & Trouche, L. (2010). *Ressources vives. Le travail documentaire des professeurs en mathématiques* (Juin 2010). Presses Universitaires de Rennes et INRP.
- Jolivet, S. (2018a). *Modèle de description didactique de ressources d'apprentissage en mathématiques, pour l'indexation et des services EIAH* (Thèse de doctorat). Communauté Université Grenoble Alpes, Grenoble.
- Jolivet, S. (2018b). Un modèle de description de ressources, basé sur des critères didactiques et inscrit dans une perspective EIAH. In *Pré Actes du 6e Congrès International sur la*

- Théorie Anthropologique du Didactique* (p. 456-466). Autrans. Consulté à l'adresse https://citad6.sciencesconf.org/data/pages/Pre_proceedings_citad_7.pdf
- Kitzinger, J. (1995). Qualitative research. Introducing focus groups. *BMJ: British medical journal*, 311(7000), 299- 302.
- Libbrecht, P., & Desmoulins, C. (2009). A Cross-curriculum Representation for Handling and Searching Dynamic Geometry Competencies. In D. Dicheva, R. Mizoguchi, & J. Greer (Éd.), *Semantic Web Technologies for e-Learning* (p. 136-155). IOS Presse.
- Loiseau, M. (2009). *Élaboration d'un modèle pour une base de textes indexée pédagogiquement pour l'enseignement des langues* (Thèse de doctorat). Université Stendhal - Grenoble III, Grenoble. Consulté à l'adresse <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00440460>
- Portugais, J. (1999). L'intentionnalité et le cognitif. In G. Lemoyne & F. Conne (Éd.), *Le cognitif en didactique des mathématiques* (p. 71-102). Québec, Canada: Les presses de l'Université de Montréal.
- Robert, A., & Rogalski, M. (2002). Comment peuvent varier les activités mathématiques des élèves sur les exercices ? Le double travail de l'enseignant sur les énoncés et sur la gestion de classe. *Petit x*, (60), 6-25.
- Trgalova, J., Jahn, A. P., & Soury-Lavergne, S. (2009). Analyse de ressources pédagogiques pour la géométrie dynamique et évaluation de leur qualité : le projet Intergéo. In *Actes du Colloque Espace Mathématiques Francophone 2009* (p. 924-934). Dakar. Consulté à l'adresse http://emf.unige.ch/files/9214/5329/8083/EMF2009_GT6_Trgalova.pdf
- Tricot, A., Plegat-Soutjis, F., Camps, J.-F., Amiel, A., Lutz, G., & Morcillo, A. (2003). Utilité, utilisabilité, acceptabilité : interpréter les relations entre trois dimensions de l'évaluation des EIAH. In *Actes de la conférence EIAH* (p. 391-402). Strasbourg.