

Démarche de recueil de pratiques en vue de l'émergence d'un modèle d'élaboration didactique d'un cours de thermodynamique dans l'enseignement supérieur.

Pierre-Bernard TOUBOL

COMUE Languedoc-Roussillon Universités
8, rue de l'école normale CS 78290 - 34197 Montpellier cedex 5
pierre-bernard.toubol@lr-universites.fr

Résumé Dans un projet structuré autour d'un objectif de formation, un enseignant identifie puis organise les concepts propres à la discipline qu'il veut enseigner. Considérant qu'il ne suffit pas de bien connaître une matière pour l'enseigner efficacement et qu'enseigner plus efficacement suppose une meilleure connaissance des trois pôles essentiels mis en jeu ainsi que leurs relations mutuelles : le savoir, l'enseignant et l'apprenant (Viennot 1989), nous souhaitons bâtir un modèle permettant de structurer les connaissances disciplinaires destinées à alimenter un outil d'aide à la production d'un parcours de formation. D'un point de vue méthodologique nous nous proposons de construire une chaîne de production de connaissances s'appuyant d'une part sur une analyse du discours issue d'entretiens avec différents acteurs (enseignants, ingénieurs pédagogiques, apprenants) et d'autre part sur l'analyse de parcours pédagogiques déjà disponibles.

Mots-clés: web sémantique, environnement informatisé pour l'apprentissage humain, traitement automatique du langage naturel, réseaux lexicaux

1 État de l'art et objectifs de la recherche

Dans le paysage actuel de l'enseignement supérieur français, on assiste depuis plusieurs années à une massification des enseignements. En réponse à un besoin croissant de personnalisation des apprentissages en fonction des acteurs (apprenants et enseignants), des contextes et des objectifs de formation pédagogique, les systèmes de gestion numérique d'apprentissage en tant qu'environnement informatisés pour l'apprentissage humain (EIAH) requièrent un accompagnement didactique des enseignants dans la création des scénarisations de leur enseignements. C'est dans un contexte scientifique pluridisciplinaire convoquant les sciences de l'éducation, la didactique des disciplines, l'ingénierie des connaissances et l'informatique que notre démarche s'inscrit. Nous souhaitons ainsi montrer que la *didactique* en tant que modélisation d'une connaissance en vue de son apprentissage, est une démarche pouvant s'appuyer sur une logique *épistémologique* que l'on pourrait décrire et générer à l'aide d'une méthode d'analyse sémantique automatisée.

Le concept d'épistémologie est choisi ici, dans sa *participation* à l'élaboration d'une science du langage scientifique par la reconnaissance d'unité des formes de la connaissance dans leur rapport avec la science ("sens commun" vs. connaissances scientifiques). Par ailleurs, les connaissances sont en perpétuelles croissance : c'est un problème central pour l'épistémologie. Étudier son évolution au regard des connaissances scientifiques était d'ailleurs la solution proposée par Popper "«Le problème central de l'épistémologie a toujours été et reste le problème de la croissance des connaissances, et la meilleure façon d'étudier cette dernière est d'étudier la croissance de la connaissance scientifique» (cité par Dessus (2007).)

Le choix de la thermodynamique nous sert de fil rouge. Cette science s'appuie sur un champ conceptuel et lexical très large faisant appel des disciplines multiples. Elle permet ainsi des incursions dans des domaines scientifiques aussi différents que la chimie, la physique, les mathématiques mais aussi l'histoire (en raison de sa récente émergence en tant que science¹). La thermodynamique est une discipline cherchant à comprendre les caractéristiques macroscopiques de systèmes caractérisés par des variables comme la pression, le volume ou la température. Depuis le 19^{ème} siècle, la thermodynamique statistique cherche à comprendre les effets des états microscopiques sur le système macroscopique.

Il est usuel de présenter la didactique de la thermodynamique comme un champ scientifique au carrefour de divers autres champs déjà cités : mathématiques, épistémologie, sciences de l'ingénieur, chimie... et, tout en soulignant le rôle que peuvent jouer (ou ont joué) ces sciences dans son développement, d'insister sur le fait que la problématique didactique conduit à remanier plus ou moins profondément les outils, conceptuels ou méthodologiques, que la recherche leur emprunte.

Dans la suite de notre travail on s'appuiera sur les relations entre épistémologie et didactique et plus précisément les besoins épistémologiques en didactique. Nous définirons ainsi les besoins formulables en terme de connaissance des processus par lesquels les concepts utilisés en thermodynamique ont été formés et développés (épistémologie historique) et plus généralement de connaissances caractéristiques structurant cette discipline.

Pascal Charbonnat Charbonnat et al. (2014) dans son approche de "la phylogénie des concepts savants", définit sa démarche en traitant non pas des objets culturels en général mais d'un objet spécifique attaché aux énoncés de connaissance : le concept. "Un concept est l'ensemble des rapports entre une forme lexicale stable qui se répète durant un intervalle de temps fini par un ou plusieurs locuteurs, et des formes lexicales cooccurrentes qui accompagnent de manière variable cette forme stable, et des événements non lexicaux (sociaux, cérébraux, biologiques,

¹ "l'histoire des sciences elle-même peut être prise comme contenu enseigné dans le cadre de l'éducation scientifique.(Martinand, 1993)

etc.)". Ainsi, il fait apparaître au cœur de sa définition la notion de contexte que nous chercherons à modéliser par les relations internes aux corpus textuels. Un mot n'a de sens que dans un contexte. Selon Wittgenstein "l'usage guide le sens. Le point de départ de sa pensée consiste à identifier le sens des mots à leur usage Wittgenstein, Granger (2002). Les mots ont des sens complexes et variés qui dépendent fortement du contexte. Il n'y a pas de conceptualisation à priori qui existerait en dehors d'une pratique sociale ou d'une situation donnée.

Cette analyse est complétée au niveau de l'apprenant par la prise en compte de de ses propres "conceptions". Selon Artigue (1989), le terme de conception décrit la mise en évidence de la pluralité des points de vue possibles sur un même objet, la différenciation des représentations et des modes de traitement qui lui sont associés , et la mise en évidence de leur adaptation plus ou moins bonne à la résolution de problème.

Par ailleurs le terme de conception aide le didacticien à différencier le savoir que l'enseignant veut transmettre et les connaissances effectivement construites par l'apprenant. "Le terme de «conception» apparaît donc comme un outil pour la construction d'un concept permettant la modélisation de l'élève en tant qu'agent apprenant" Balacheff, Margolinas (2003)

"La conception est un processus d'une activité de construction mentale du réel. Il y a conception ou activité de conceptualisation lorsqu'un objet ou les éléments d'une série d'objets se trouvent :

- figurés
- exprimés
- traduits

et qu'une correspondance se traduit par des relations qui relient entre eux les éléments qui font l'objet de la représentation". Giordan, De Vecchi (1987)

Afin de prendre en compte l'apprenant dans notre démarche, il nous est apparu nécessaire de choisir un modèle d'apprenant qui soit suffisamment opérationnel pour notre travail. Nous avons retenu la taxonomie de Bloom². Cette notion de contexte a donnée lieu à une variété très importante de définitions analysée dans Bazire, Brézillon (2005). Parmi celles-ci, la définition opérationnelle que nous avons retenue est constituée de l'ensemble des circonstances qui encadrent un événement ou un objet : le contexte se définit ainsi comme ce qui manque à un objet donné pour qu'un utilisateur puisse s'en construire une représentation correcte. Nous avons choisit d'extraire puis d'exprimer formellement les relations entre les différentes formes lexicales impliquées et les relations entre "acteurs" de l'apprentissage que nous identifierons par des entretiens avec ces acteurs. Cette

² La raison de ce choix est explicitée dans un travail externe à cette communication.

démarche permettra de mettre en évidence puis d'analyser différentes situations d'obstacles épistémologiques rencontrés et décrits par exemple en mathématique par Brousseau (1976), en physiques par Viennot (1996) et en thermodynamique par Rozier (1988).

Plusieurs cadres théoriques ont été signalés dans la littérature parmi lesquels :

- La théorie des situations didactiques Brousseau, Balacheff (1998) appliquée aux mathématiques : le savoir (connaissance de référence) est représenté par le problème où il intervient. Ainsi, à un savoir donné correspond un ensemble de situations déterminé par les variables didactiques
- La théorie APOS Dubinsky, McDonald (2002) centrée sur la compréhension de l'apprentissage des concepts chez un individu. Cette théorie considère que la manière dont un savoir est appris dépend de la structure de ce savoir. Ainsi la première étape d'une recherche fondée sur ce cadre théorique, doit être une analyse du savoir en jeu, permettant d'en proposer une décomposition génétique qui met en évidence les différentes conceptions que les étudiants peuvent avoir.
- L'approche onto-sémiotique Godino (2005) s'intéresse aux « systèmes de pratiques (opérationnelles et discursives) mises en œuvre par les personnes impliquées dans certains types de situations problématiques. Sont définis six types d'objets : un langage ; des situations ; des concepts ; des propositions, propriétés ou attributs ; des procédures et des arguments et enfin des relations de dépendances entre ces objets au travers de leurs fonctions sémiotiques
- La Théorie Anthropologique du Didactique (TAD) construite comme une généralisation de la théorie de la transposition didactique Chevallard Yves (1985), il s'agit d'une théorie vivante et en construction. Pour appréhender la TAD il y a trois notions fondamentales, incarnées par ce que Chevallard appelle des termes primitifs : « les objets O , les personnes X , les institutions I ».

“Au-delà de sa légitimité sociale et culturelle, chaque savoir enseigné se justifie en droit par sa correspondance à un savoir extra-scolaire - un savoir savant - qui le précède et qui le fonde culturellement et scientifiquement. . . Or, nécessairement, dans ce passage du savoir savant au savoir enseigné, un écart se creuse, une transposition s'opère, qui adapte, remanie, et parfois dénature les éléments empruntés à la sphère des pratiques savantes de la connaissance.” (Chevallard)

La différence entre savoir et connaissance est l'un des fondements essentiels de la théorie des situations didactiques (TSD) selon Guy Brousseau. “On considère que le système éducatif peut être modélisé par les relations entre un système “enseignant” et un système “enseigné”, et une situation d'enseignement par les relations entre les sous-systèmes : le système didactique, le système apprenant, le contexte.” Brousseau, Balacheff (1998)

L'enquête entreprise a donc pour objectif la mise en évidence des pratiques didactiques que les enseignants intervenant dans les différents cycles universitaires mettent en œuvre. Elle est en cours de réalisation. En effet, c'est au travers de l'analyse des corpus construits à partir d'entretiens semi-directifs lors de la première partie de la recherche entreprise et d'enquête par observation concernant notamment une mise en situation d'élèves ingénieurs de l'école de chimie de Montpellier (évaluation de prérequis) que nous nous proposons de faire émerger une philogénèse et une ontogénèse des "concepts savants" de thermodynamique. Cette analyse de corpus sera conduite selon une méthode de théorisation ancrée (fondée par Glaser et al. (1968) et reprise par Corbin, Strauss (1990) puis systématisée par Lejeune (2016)). Nous procédons à une première réduction du modèle TSD en nous restreignant aux liens entre système didactique et système apprenant et en choisissant comme observable la notion de conception. L'avantage de cette méthode par rapport à une méthode numérique statistique est ici de nous permettre d'orienter et d'introduire du sens dans l'analyse.

Notre choix du modèle de référence de travail s'appuie sur la modélisation de la connaissance dans la Théorie Anthropologique du Didactique définie par Chaachoua (2010). Toute activité humaine met en œuvre une organisation que Chevallard (id. cit.) note $T/\tau/\theta/\Theta$ et qu'il nomme praxéologie, ou organisation praxéologique.

- T/τ étant la pratique – ou encore le savoir- faire ;
- θ/Θ le logos – ou encore le savoir.

On s'appuiera sur la praxéologie didactique avec comme type de tâche T les tâches d'étude propre à la discipline choisie. Par ailleurs, une extraction des relations sémantiques sera réalisée sur un ensemble de corpus didactiques. Cette capture de relations faisant appel à des techniques de TALN constitue un moyen privilégié nécessaire à l'alimentation d'une base de connaissance structurée dans un réseau lexical. Ce type de réseau est une des formes de base de connaissances plus à même de représenter une phylogénie de concepts du type de celles décrite par Charbonnat et al. (2014) qu'une ontologie. Il est possible en outre d'y intégrer leur ontogénèse.

En effet, les ontologies de domaine issues de bases de connaissances spécifiques ont une valeur certaine mais limitées dans leur portée. Il manque des méta-informations sur la force d'association (les poids) et les annotations (fréquences, pertinence). Le projet JDM : réseau lexical généraliste "Jeux de mots" Lafourcade, Joubert (2008) intègre une méthode d'apprentissage sans fin permettant de générer des règles de façon inductive à partir des faits présents. Ces règles permettent de densifier le réseau et d'en réduire les silences. Afin de minimiser l'émergence de relations qui pourraient être erronées.

Une fois instruite cette base de donnée, complétée par des éléments de phylogénèse issu de l’analyse qualitative des entretiens permettra de constituer un modèle destiné à produire un réseau conceptuel d’apprentissage. Chaque concept/catégorie extrait par théorisation ancrée est projeté dans le réseau lexical. Ce réseau combinera poids et annotations sur des relations typées entre des termes et des concepts. Il sera à l’origine de référentiels devant aboutir à la proposition de parcours de formation³.

2 Méthode et entretiens déjà réalisés

Plutôt que de s’appuyer sur une théorisation “toute faite” de la diffusion des connaissances, savoirs et pratiques, nous cherchons à bâtir un modèle opérant à partir des pratiques de terrain. (analyse d’entretiens et de corpus)

La structuration de nos guides d’entretien (s’adaptant aux deux types d’interlocuteurs : enseignants ou apprenants) est dynamique et évolutive. Leur adaptation se déroule de manière incrémentale selon les catégories émergentes d’une analyse qualitative ancrée. L’analyse de discours issus des entretiens eux-mêmes est destinée à recueillir et questionner les pratiques Pélissier (2017) et les expériences des acteurs de la formation concernant la création d’un parcours de formation pour la discipline choisie.

Nous avons fait le choix de privilégier une approche “Système d’Information”. Par exemple, pour l’analyse du processus de l’aide à la transmission de connaissances, celui-ci est vu comme un processus⁴ interne au Système d’Information (processus de support au sens de Porter, Millar (1985)). Ainsi, le processus d’aide est décrit grâce à un formalisme de description et de documentation concernant :

- les acteurs
- les étapes
- les produits
- les indicateurs de qualité

Nous définissons le processus de l’aide par son périmètre (son contexte). Cet ensemble d’activités reliées entre elles, réalisées par des acteurs et concourant à atteindre un objectif fixé s’inscrit dans une description de l’enchaînement des activités nécessaires à la production des résultats. Qui fait quoi et comment :

³ Nous désignons ici “parcours de formation” une arborescence didactique de concepts savants destinée à baliser un apprentissage en vue de d’atteindre un objectif didactique de formation (ex : quelle est la hiérarchie et l’ordre des concepts à maîtriser pour atteindre tel objectif de formation)

⁴ Nous définirons un processus comme un ensemble d’activités reliées entre elles, réalisées par des acteurs et concourant à atteindre un objectif fixé. Il décrit l’enchaînement des activités nécessaires à la production des résultats.

- les acteurs qui interviennent ;
- les actes réalisés (transformation d’information) ;
- l’ordre des séquences (mise en évidence des frontières entre acteurs) et leur description incluant les outils de traitement.

Trois paradigmes (vues du système d’information) sont alors posés : l’organisation (acteurs), les informations (concepts et inter-relation) et les échanges (flux d’information).

La vue “échanges” est une vue extérieure au processus. Elle décrit les échanges d’information entre les interlocuteurs à qui ce processus destine les résultats de son action ainsi que tous les acteurs dont il dépend pour produire ces résultats.

La vue “organisationnelle/fonctionnelle” est une vue interne. Elle décrit les acteurs (ou groupe d’acteurs) physiques ou organisationnels qui collaborent à l’atteinte des résultats (objectifs). Ces acteurs sont illustrés par leurs compétences (domaine de responsabilité, pouvoir de décision). Elle met en évidence la façon dont l’organisation prend en charge ses missions.

La vue “informationnelle” considère l’ensemble des informations manipulées (les concepts et leurs inter-relations) qui constituent un micro-univers (éléments du contexte) : la représentation restreinte du monde dont s’est dotée l’organisation pour accomplir ses missions. La démarche consiste donc à identifier, extraire, et modéliser l’information. L’information n’est pas une information structurée : elle a donc besoin d’être modélisée, formalisée afin de simplifier son analyse. On cherche à en décrire son cycle de vie, depuis sa production jusqu’à sa délivrance.

Le recueil et l’identification des informations récoltées et articulées les unes par rapport aux autres constitue les premiers éléments de la phylogénie des concepts identifiés. L’alimentation du guide de codage (au sens de Lejeune) issu du recueil s’effectue à la “volée”. Il s’appuie sur les deux niveaux de catégorie proposé dans le cadre d’un outil d’encodage RQDA⁵ Dunn (2012). Une “condensation” des catégories d’analyse à partir des étiquettes assignées à des portions de corpus illustre une typologie de l’aide réellement mise en œuvre. Ce codage est lié à la vue organisationnelle/fonctionnelle. Elle concerne ici :

- l’identification des acteurs
- les relations entre acteurs
- l’identification des actions
- le séquençage des actions

⁵ RDQA est un paquet R pour l’analyse qualitative des données, une application logicielle d’analyse qualitative gratuite (libre comme la liberté) (licence BSD). De plus, il s’intègre parfaitement avec R, ce qui signifie que l’analyse statistique du codage est possible, et que les fonctions de manipulation et d’analyse des données peuvent être facilement étendues en écrivant des fonctions R. Dans une certaine mesure, RQDA et R constituent une plate-forme intégrée pour l’analyse quantitative et qualitative des données.

Le codage lié à la vue informationnelle permet l'identification des "objets traités".

Une chaîne de traitement numérique résolument basée sur des outils "open-source" et ouverts permet des traitements multiples au travers :

- d'outils dédiés (RQDA, Tropes, Iramuteq, TXM) ;
- de langages orientés vers le traitement de données et l'analyse statistique (R ou Python).

Le protocole est défini de la manière suivante :

- La captation : enregistrement audio
- La transcription : (Transcriber 1.5.1) permet :
 - Une identification standardisée des locuteurs (ingp, prof, etud, pbt)
 - Une utilisation restreinte des balises (entités nommées, prononciation, commentaires)
- Des exports textuels permettant les corrections orthographiques (coquilles ou grammaire)
- L'intégration dans le CAQDAS (Computer Aided Qualitative Data Analysis System) retenu : RQDA permettant la création d'une base de données relationnelle. Des interrogations de type SQL sont alors réalisées par croisement de donnée ou traitement par langage R ou Python.

Le corpus actuel est constitué par la transcription de 21 entretiens (présentiels ou à distance) avec des acteurs de l'enseignement supérieur :

- des enseignants et des chercheurs (universités françaises et canadiennes)
- des ingénieurs pédagogiques (université françaises, écoles et grands établissements)
- des étudiants (Québec)

Notre guide de codage s'appuie donc sur les deux niveaux de catégorie proposés dans le cadre de RQDA. La "condensation" des catégories d'analyse à partir des étiquettes assignées à des portions de corpus illustre une typologie du processus mis en œuvre.

A titre d'exemple une première catégorisation (provisoire) d'aide s'exprime de la manière suivante :

Catégories

Mise en confiance et empathie

Exploration : susciter une situation, émettre des hypothèses, faire préciser un mot ou un concept.

Nature de la construction à partir de la didactique de la discipline : poser et hiérarchiser les concepts, mettre à jour les contenus.

Catégories

Définition du champ d'intervention dans le dispositif pédagogique proposé : identifier l'accompagnement dans ses objectifs identifier le paramètre institutionnel.

Relation entre l'apprenant, son apprentissage et la personne aidée : définir les prérequis, définir les objectifs, gérer les profils d'apprenant.

Appui à la pratique pédagogique : positionner une action dans une démarche d'apprentissage, qualifier et évaluer une pratique, relier un propos à une théorie de l'apprentissage.

Ces catégories constituent des éléments clés pour :

- une base à l'alimentation du guide visant à faire expliciter par la personne interviewée la nature des activités qu'elle mène en tant qu'enseignant produisant seul un cours ou en tant qu'ingénieur pédagogique aidant un enseignant à structurer son cours.
- une mise en évidence d'éventuelles ruptures dans la chaîne de l'organisation des connaissances en vue de les transmettre.
- alimenter la démarche de production d'un outil informatique intégré destiné aux enseignants pour les aider à structurer les connaissances à transmettre et aux ingénieurs pédagogiques pour les aider dans leur travail d'aide à l'enseignant.

Une autre modalité d'enquête est mise en œuvre lors d'une session d'évaluation de prérequis auprès d'élève ingénieurs. Elle entrera en tant que telle dans le corpus.

Références bibliographiques

ARTIGUE, Michèle, 1989. *Épistémologie et Didactique*. [en ligne]. S.l. : IREM. Cahier de DIDIREM, 3. Disponible à l'adresse : <http://docs.irem.univ-paris-diderot.fr/up/publications/IPS97066.pdf>.

BALACHEFF, Nicolas et MARGOLINAS, Claire, 2003. cK Modèle de Connaissances Pour Le Calcul de Situations Didactiques. In : *XII^e École d'été de Didactique Des Mathématiques* [en ligne]. S.l. : La Pensée Sauvage éditions. 2003. p. 1-32. [Consulté le 20 juin 2017]. Disponible à l'adresse : <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01139408/>.

BAZIRE, Mary et BRÉZILLON, Patrick, 2005. *Understanding Context Before Using It*. S.l.

BROUSSEAU, Guy, 1976. *Les Obstacles Épistémologiques et Les Problèmes En Mathématiques*. S.l. : Louvain-la-neuve.

BROUSSEAU, Guy et BALACHEFF, Nicolas, 1998. *Théorie Des Situations Didactiques : Didactique Des Mathématiques 1970-1990*. S.l. : La pensée sauvage Grenoble. ISBN 2-85919-134-8.

CHAACHOUA, Hamid, 2010. *La Praxéologie Comme Modèle Didactique Pour La Problématique EIAH. Etude de Cas : La Modélisation Des Connaissances Des Élèves*. HDR. S.l. : Université de Grenoble.

CHARBONNAT, Pascal, BEN HAMED, Mahé et LECOINTRE, Guillaume, 2014. *Apparenter la pensée ? Vers une phylogénie des concepts savants*. [en ligne]. S.l. : Editions Matériologiques. [Consulté le 2 septembre 2019]. ISBN 978-2-919694-56-3. Disponible à l'adresse : <http://www.cairn.info/apparenter-la-pensee--9782919694563.htm>.

CHEVALLARD YVES, 1985. *La Transposition Didactique : Du Savoir Savant Au Savoir Enseigné*. Grenoble : Grenoble : Éd. la Pensée sauvage, DL 1985.

CORBIN, Juliet M. et STRAUSS, Anselm, 1990. Grounded Theory Research : Procedures, Canons, and Evaluative Criteria. In : *Qualitative sociology*. 1990. Vol. 13, n° 1, p. 3-21.

DESSUS, Philippe, 2007. La Théorie de La Connaissance de Popper et Ses Implications Pour l'éducation. In : *Penser l'éducation*. 2007. Vol. 21, p. 19-31.

DUBINSKY, Ed et MCDONALD, Michael A., 2002. APOS : A Constructivist Theory of Learning in Undergraduate Mathematics Education Research. In : HOLTON, Derek, ARTIGUE, Michèle, KIRCHGRÄBER, Urs, HILLEL, Joel, NISS, Mogens et SCHOENFELD, Alan (éd.), *The Teaching and Learning of Mathematics at University Level* [en ligne]. Dordrecht : Kluwer Academic Publishers. p. 275-282. [Consulté le 15 septembre 2019]. ISBN 978-0-7923-7191-5. Disponible à l'adresse : http://link.springer.com/10.1007/0-306-47231-7_25.

DUNN, Lindsey, 2012. *R QUALITATIVE DATA ANALYSIS (RQDA) PACKAGE : A FREE QUALITATIVE DATA ANALYSIS TOOL Learn How to Import and Work with Interview Data in R* [en ligne]. [Consulté le 26 mars 2019]. Disponible à l'adresse : <http://comm.eval.org/HigherLogic/System/DownloadDocumentFile.ashx?DocumentFileKey=4bc47744-23e2-445f-90e1-f1ad8b6ec30b&forceDialog=0>.

GIORDAN, André et DE VECCHI, Gérard, 1987. Les Origines Du Savoir. In : *Neuchâtel, Delachaux et Niestlé*. 1987.

GLASER, Barney G., STRAUSS, Anselm L. et STRUTZEL, Elizabeth, 1968. The Discovery of Grounded Theory ; Strategies for Qualitative Research. In : *Nursing research*. 1968. Vol. 17, n° 4, p. 364.

GODINO, Juan, 2005. The Onto-Semiotic Approach to Research in Mathematics Education. In : *Yupana* [en ligne]. 20 novembre 2005. n° 2, p. 43-60. [Consulté le 15 septembre 2019]. DOI 10.14409/yu.v1i2.244. Disponible à l'adresse : <https://bibliotecavirtual.unl.edu.ar/publicaciones/index.php/Yupana/article/view/244>.

LAFOURCADE, Mathieu et JOUBERT, Alain, 2008. Jeuxdemots : Un Prototype Ludique Pour l'émergence de Relations Entre Termes. In : *JADT'08 : Journées Internationales d'Analyse Statistiques Des Données Textuelles* [en ligne]. S.l. : s.n. 2008. p. 657-666. [Consulté le 9 mars 2016]. Disponible à l'adresse : <https://hal.archives-ouvertes.fr/lirmm-00358848/>.

LEJEUNE, Christophe, 2016. Logiciels d'analyse de données qualitatives ou d'analyse qualitative ? In : . septembre 2016. p. 13.

MARTINAND, Jean-Louis, 1993. Histoire et Didactique de La Physique et de La Chimie : Quelles Relations ? In : *Didaskalia (Paris)*. 1993.

PÉLISSIER, Chrysta, 2017. *L'aide En Question : Un Composant Majeur Dans l'éducation et Les Humanités Numériques*. Habilitation à diriger des recherches. S.l. : Paul Valéry, Montpellier 3.

PORTER, Michael E. et MILLAR, Victor E., 1985. How Information Gives You Competitive Advantage. In : *Harvard Business Review* [en ligne]. 1985. Vol. 63, n° 4, p. 149-160. Disponible à l'adresse : <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=8500002422&lang=fr&site=ehost-live>.

ROZIER, Sylvie, 1988. *Le Raisonnement Linéaire Causal En Thermodynamique Classique Élémentaire*. S.l. : Université Denis Diderot Paris VII.

VIENNOT, Laurence, 1989. L'enseignement des Sciences Physiques, objet de recherche. In : *Bulletin de l'Union des Physiciens* [en ligne]. septembre 1989. n° 716, p. 12. Disponible à l'adresse : <http://bupdoc.udppc.asso.fr/index.php>.

VIENNOT, Laurence, 1996. *Raisonner En Physique : La Part Du Sens Commun*. S.l. : De Boeck Supérieur. ISBN 2-8041-2236-0.

WITTGENSTEIN, Ludwig et GRANGER, Gilles-Gaston, 2002. *Tractatus logico-philosophicus*. Paris : Gallimard. ISBN 978-2-07-075864-7.