

Chapitre 6

Collaboration enseignants-chercheurs dans la construction de ressources pour l'enseignement et la formation en physique : le cas du site PEGASE

Andrée Tiberghien¹ et Jacques Vince²

¹ UMR ICAR, CNRS, Université Lyon 2, Ecole Normale Supérieure de Lyon, France

² UMR ICAR, ESPE de Lyon, France

Résumé. Ce texte présente une analyse des productions de ressources d'enseignement associées au développement du site PEGASE sur plusieurs dizaines d'années. Nous présentons une analyse réflexive de ces productions, en abordant la question des liens entre les activités de recherche et celles de conceptions de ressources utilisables directement par l'enseignant ainsi que les rôles respectifs des acteurs, chercheurs et enseignants. Cette analyse réflexive aborde ainsi la nature des ressources construites, leurs liens avec les théories développées dans les recherches et avec l'expertise de la pratique professionnelle ainsi que leur transversalité, en interrogeant ce qui relève des spécificités disciplinaires (ici la physique).

Contexte historique

Le site PEGASE¹⁶ destiné aux enseignements de physique-chimie des lycées d'enseignement général a été conçu et développé grâce à la conjonction de quatre éléments bien différents.

Le premier recouvre l'ensemble des travaux de recherche en didactique et de recherche-développement en collaboration enseignants - chercheurs sur la co-construction de ressources d'enseignement. Historiquement, trois séquences d'enseignement ont d'abord été construites en articulation avec des recherches qui portaient principalement sur la compréhension et les acquisitions des élèves. Ces séquences étaient destinées à l'enseignement au niveau de la seconde et de la première scientifique, sur les thèmes énergie, mécanique, optique et son et ont depuis connu de nombreuses évolutions, sous l'influence des programmes mais également du fait de l'expérimentation en classe (processus itératif conception-expérimentation-conception...).

Le deuxième élément, lié à notre volonté de développer un site pour les enseignants, a été l'obtention du financement par le fonds francophone du projet du site PEGASE.

Le troisième élément a été un travail de thèse (Jeannin, 2006) portant sur l'appropriation par les enseignants d'une séquence complète co-construite et mise en ligne selon les premiers éléments de structuration de PEGASE.

Le quatrième élément est institutionnel. Il nous paraissait essentiel que ce site soit associé à l'Institution nationale qui permettait financièrement le travail de production de ressources ; c'est ainsi que l'INRP (Institut National de Recherche Pédagogique) a accepté son hébergement et a contribué à son développement.

¹⁶ <http://pegase.ens-lyon.fr>

Structuration de PEGASE

Du fait du contexte historique décrit précédemment, il est apparu rapidement que la diffusion des ressources co-construites lors des collaborations entre enseignants et chercheurs devaient être structurées selon leurs finalités opératoires : permettre d'enseigner d'une part et former aux outils qui avaient été utilisés et « instanciés » dans les ressources d'enseignement proposées d'autre part. Cette classification entraîne inévitablement une séparation entre l'activité « enseigner » et celle de « se former » qui ne permet pas de mettre en évidence leur recouvrements. Mais il s'agit moins de s'adresser à deux types de « publics » (l'enseignant et le formateur) qu'à deux fonctions ou postures dans la mesure où un même individu peut se comporter en enseignant visant parfois à enseigner et parfois à se former ; dans ce dernier cas les hypothèses d'apprentissage et outils de conception de séquences doivent être décontextualisés des situations en jeu dans les séquences. Nous n'oublions pas cependant la posture du formateur qui pourrait entrer par les ressources de formation et qui trouverait des exemples de séquences qui contextualisent ou « font vivre » ces outils de formation.

La rubrique « Enseigner » propose donc des séquences d'enseignement qui, classées par niveaux, respectent toutes les programmes en vigueur, et incluent chacune une série d'activités structurées en parties (ou chapitre). Ces séquences rendent explicite le point de vue de la physique à construire par l'élève dans un texte court appelé « modèle » qui constitue une référence commune partagée par la classe (Gaidioz et Tiberghien, 2003). Pour chaque activité, l'enseignant peut trouver des commentaires répartis selon cinq items :

- (1) But de l'activité.
- (2) Informations pour la préparation de l'activité.
- (3) Commentaires sur le savoir en jeu dans l'activité.
- (4) Comportement des élèves (pouvant inclure des vidéos courtes d'élèves en train de réaliser l'activité).
- (5) Corrigé.

Le choix de ces cinq items s'est fait progressivement et a été le résultat d'une collaboration forte entre enseignants et chercheurs : par exemple les items « préparation » et « corrigé » correspondent à des demandes des enseignants alors que l'item « comportement des élèves », si il s'avère très utile pour les enseignants, a plutôt été introduit à l'initiative des chercheurs et est pour l'essentiel renseigné par eux.

La rubrique « Se former » contient des ressources qui ne dépendent plus spécifiquement du sujet à enseigner : nous les qualifions en ce sens de transversales. Ceci n'empêche pas de distinguer celles qui sont spécifiques d'un type de situation d'enseignement (type d'évaluation, activité visant l'explicitation des idées initiales, activité de mise en œuvre d'un nouvel élément de modèle,...) de celles qui ne le sont pas. Ces ressources sont de nature diverses mais ont toutes pour point commun de permettre de produire le travail de conception de ressources d'enseignement ou de prendre conscience des hypothèses qui ont prévalu lors de la conception des séquences d'enseignement. Elles concernent des aspects très variés de la pratique de l'enseignant, à la fois dans son travail de préparation et dans son activité en classe.

La conception de ces ressources de formation a été entamée avec un petit décalage par rapport aux premières séquences d'enseignement mais finalement, pour l'essentiel, elle s'est faite

conjointement à l'élaboration des séquences, toujours en collaboration enseignants-chercheurs. La variété de ces ressources est telle qu'il a été nécessaire de tenter de les classer et de théoriser leur conception.

Théorisation progressive de la conception des ressources mises sur PEGASE

Le travail préalable à la conception de PEGASE (années 90) comportait une double activité : le développement de séquences d'enseignement réalisé conjointement par un groupe de chercheurs et d'enseignants et des recherches sur l'évolution de la compréhension des élèves lors de l'enseignement des séquences développées (énergie, mécanique, son, optique, ...). Cette double activité permettait la rétroaction de la recherche sur la conception de séquences à partir des résultats sur le fonctionnement des élèves et de l'expérience des enseignants sur la conception et la recherche. Une analyse de l'évolution de cette double activité conduit à dégager deux étapes principales de mise au point d'outils pour réaliser des ressources d'enseignement, puis assez rapidement des ressources pour la formation.

Etape 1 : construction théorique « dans l'action »

Cette étape part d'une construction théorique menée dans le cadre de la recherche pour analyser le fonctionnement des élèves lors de l'enseignement des séquences conçues. Les principales idées de cette construction ont été mises en œuvre par les groupes d'enseignants et de chercheurs sans qu'elle soit explicitée : elle a fonctionné « dans l'action » (en-acte) pour élaborer ou modifier des activités, et n'était pas pensée au départ comme un moyen de conception ni de formation.

Nous présentons succinctement cette construction théorique dans la mesure où nous proposons ici un regard réflexif plutôt sur la conception que sur son contenu (Tiberghien et al. 2009). Cette construction est fondée sur deux hypothèses, l'une de nature épistémologique et l'autre sur l'apprentissage. La première porte sur le fonctionnement de la physique, la modélisation, analysée dans le cas de la physique à enseigner au niveau du secondaire ; celle-ci met en jeu des allers-retours entre théorie et modèle d'une part et champ expérimental d'autre part, c'est-à-dire les objets et événements ; elle pose aussi qu'en physique la relation entre « le monde des théories et modèles » et le « monde des objets et événements » est souvent difficile à comprendre. La deuxième pose que les élèves peuvent utiliser une approche issue de leurs connaissances quotidiennes ou enseignée ou encore d'adaptations de l'une et/ou l'autre approche. Elle pose également que l'on peut aussi analyser le fonctionnement de l'élève en termes de théorie et modèle, qui ici ne sont pas dissociés, et des objets et événements. Ceci nécessite une extension de la signification de théorie, car affirmer que l'interprétation quotidienne des objets et événements du monde matériel est théorique, suppose qu'on accepte que la théorie soit implicite. Notons que souvent cette « théorie » met en jeu un raisonnement causal simple, une cause et un effet ultérieur à la cause. De plus, le monde des objets et événements en physique n'est pas toujours identique à celui de la vie quotidienne. Par exemple si en mécanique on décrit un livre sur une table comme étant un objet immobile, dans la vie quotidienne on va le décrire par exemple comme étant sur la table, pour le situer, ce n'est pas son immobilité qui va être prise en compte ; c'est ainsi qu'il n'y a qu'un recouvrement partiel de la partie vie quotidienne et physique dans le monde des objets et événements (figure 1).

Cette construction théorique utilisée pour l'analyse permet de caractériser l'évolution de la compréhension de la physique par les élèves selon une ou plusieurs mises en relation entre éléments de savoir des différents mondes (figure 1) : les flèches pleines 1, 2 et 3 correspondent à des liens faits en physique, les flèches pleines a et b correspondent à des liens faits lors de l'apprentissage, les flèches en pointillées correspondent à des liens qui ne favoriseraient pas la compréhension en physique. Ainsi, elle met en œuvre simultanément des hypothèses relatives au savoir et à l'apprentissage.

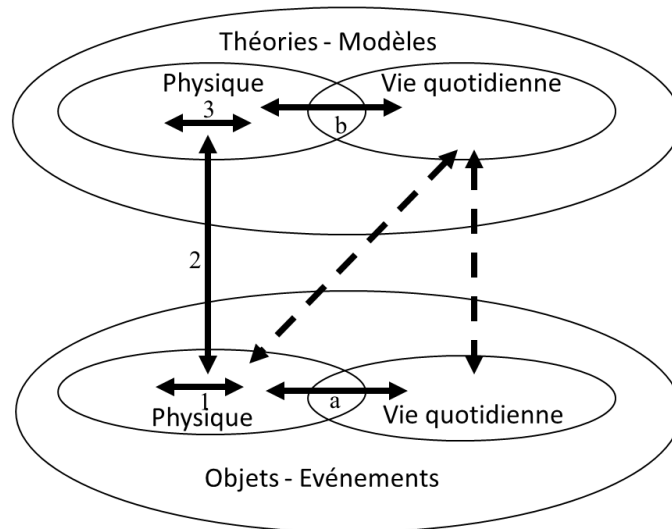


Figure 1 : Schéma correspondant à la construction théorique "des quatre mondes"

Ceci nous amène à l'étape suivante de théorisation de la conception.

Etape 2 : outils de conception associés à des théorisations intermédiaires explicites

Cette étape d'explicitation théorique part de l'analyse faite par le courant du « design research » (Cobb et al, 2003). Ces auteurs considèrent que les théories qui guident les décisions de conception sont intermédiaires au sens où d'une part elles dépendent d'une théorie plus générale et d'autre part fournissent un guidage opératoire pour la construction de ressources. D'autres auteurs de ce même courant « design-based research » insistent aussi sur la co-conception par les enseignants et les chercheurs, certains la caractérisent de « recherche incorporée dans la pratique » (« Practice Embedded Educational Research », Snow, 2015), ce qui correspond à la façon dont PEGASE a été développé :

The potential utility of design-based research to support implementation also derives from its commitment to developing both theory that guides design decisions and practical tools that can be used to support local innovation and solve practical problems (Cobb et al., 2003). As in community-based participatory research, the collaborative nature of much design research positions practitioners as codesigners of solutions to problems, which can facilitate the development of usable tools that educators are willing to adopt. (Fisham et al., 2013, p.140).

L'idée de théorie intermédiaire qui oriente la conception nous a permis de situer et développer notre construction théorique lors du développement ultérieur de ressources. Tout d'abord pour

préciser les grandes théories, nous utilisons le triangle didactique en associant une ou plusieurs grandes théories à chaque pôle (figure 2). Ici *grande* signifie que la théorie s'applique à un très large champ, et *intermédiaire* à un champ beaucoup plus spécifique. Ainsi sont associés :

- pour le pôle savoir, l'épistémologie de la modélisation en physique (Bunge, Bachelard, Giere) d'une part et la théorie anthropologique du savoir (écologie des savoirs, transposition didactique) (Chevallard, 1991) d'autre part ;
- pour le pôle enseignement, la théorie de l'action conjointe (TACD) (Sensevy et Mercier, 2007 ; Sensevy, 2011) ainsi que les travaux sur l'importance de l'apprentissage coopératif (Slavin, 2003) ;
- pour le pôle apprentissage, le constructivisme (Piaget) et le socioconstructivisme (Vygotski) associés à une hypothèse sur l'apprentissage par « petits éléments de savoir et non celui d'emblée de l'essentiel d'un concept. A noter qu'actuellement nous enrichissons ce pôle avec une approche théorique de la métacognition.

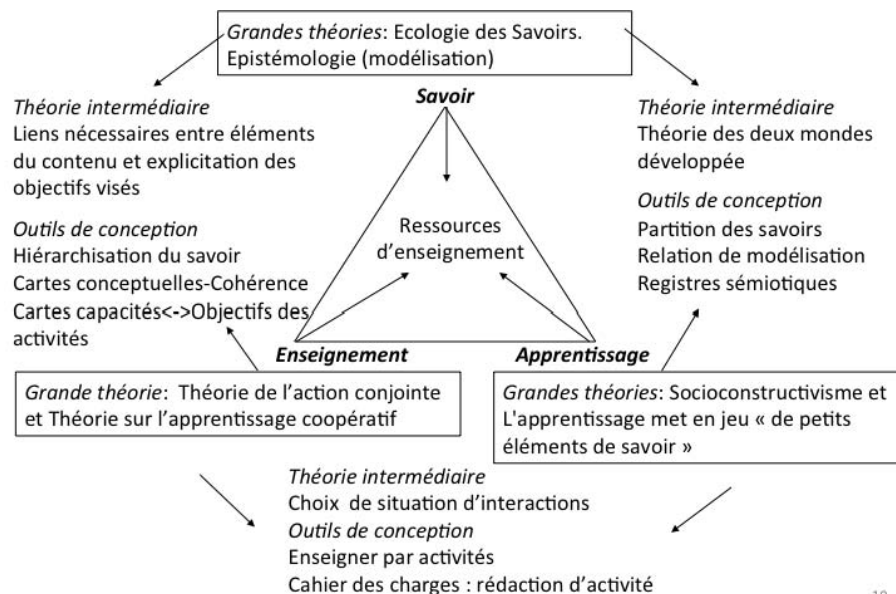


Figure 2 : Cadre théorique de la construction des outils de conceptions à partir de grandes théories

Ce positionnement des grandes théories nous a conduits à considérer que la construction théorique présentée ci-dessus (« théorie des quatre mondes ») (illustrée figure 1) qui s'appuie sur les pôles savoir et apprentissage joue le rôle d'une théorie intermédiaire. En effet, d'une part elle est explicitement fondée sur deux « grandes théories » et d'autre part elle a permis de construire des « outils » directement utilisables pour la conception d'une séquence (même s'ils ne recouvrent pas l'ensemble de la construction). Par exemple nous avons proposé une grille appelée « partition des savoirs » sous forme d'un tableau à deux dimensions, l'une sur les savoirs, ceux déjà connus et ceux à acquérir en distinguant le savoir quotidien, du savoir scientifique et l'autre sur les niveaux de modélisation (Buty et al. 2004, Gaidioz et al. 2004). Ainsi cette grille guide le choix des activités. Par exemple la première activité d'une séquence va souvent se situer dans les mondes (physique et quotidien) des objets et événements pour aider les élèves à construire une première description physique des situations matérielles : quels événements à prendre en compte

pour faire l'objet d'une modélisation (par exemple l'immobilité d'un objet). Ou encore l'outil « registres sémiotiques » incorpore les travaux sur l'articulation des registres et sur la langue (Duval, 1995 ; Ainsworth, 2008, Rémi, 2008) qui va orienter le choix de la langue et des représentations symboliques utilisées dans l'enseignement aussi bien pour les consignes des activités que pour la formalisation des éléments théoriques et du modèle physique. Par exemple, pour aider les élèves à distinguer les deux mondes physiques, nous avons fait le choix de ne pas utiliser, autant que faire se peut, les mêmes mots pour désigner un concept et un objet ou événement.

Cette construction théorique a été développée dans les travaux ultérieurs et à ce jour nous avons construit une vingtaine de ressources. Certaines aident le professeur dans son action en classe, d'autres dans la préparation de son enseignement (PEGASE propose les deux types) ; de plus ces ressources peuvent être adaptées pour la formation.

Si toutes ces ressources s'appuient sur une ou plusieurs grandes théories associées aux pôles du triangle didactique (figure 2), les intermédiaires entre ces théories et la ressource ne sont pas homogènes. Comme nous l'avons présenté, entre les pôles savoir et apprentissage, il y a la chaîne complète allant des grandes théories, aux outils via la théorie intermédiaire « des quatre mondes ». En revanche, l'outil de conception « hiérarchisation du savoir » (Miguet et al. 2014) est construit non seulement à partir des grandes théories liées au savoir et à l'enseignement, mais aussi de résultats bien étayés de travaux de recherches empiriques. Par exemple Roth et al. (2011) montrent que les professeurs qui établissent des liens explicites entre éléments de savoir favorisent l'apprentissage. Nous avons situé ces recherches au même niveau que les grandes théories car les hypothèses proposées ont un champ d'application large et nécessitent d'être associées à d'autres éléments théoriques pour concevoir des ressources, par exemple la nécessité de liens entre éléments de savoir a été associée à l'analyse du savoir en termes de modélisation et à l'action conjointe professeur-élèves sur leur responsabilité vis-à-vis du savoir. Similairement l'outil « enseigner par activités », fondé sur les grandes théories des pôles « enseigner » et « apprentissage », mais aussi plus implicitement sur celles du « savoir », a nécessité de construire des hypothèses « *entremêlant* » les résultats de travaux empiriques y compris de sociologues sur la nécessité de l'explicitation des savoirs (Bonnéry, 2007 ; Vince et al. 2016). De plus, sa conception est partie des besoins exprimés au cours de formations d'enseignants.

Une analyse réflexive est d'autant plus nécessaire que ces ressources s'appuient simultanément sur des travaux de recherche variées, dont certains sont théoriques, d'autres empiriques et portent sur des objets très différents. Comme nous l'avons mentionné, actuellement nous avons pris conscience que nous incorporions implicitement des hypothèses qui relèvent de la métacognition en particulier l'agentivité vue comme la capacité à agir sur le monde (agency) ; ceci nous conduit à travailler au niveau des « grandes théories » pour compléter notre cadre théorique. Ainsi ce développement de PEGASE se situe dans un *aller-retour entre besoins et théories* (Fishman et al. 2013) associé à un travail réflexif indispensable. En effet, une étude antérieure (Veillard et al., 2001) menée sur le groupe de conception de PEGASE a montré qu'à cette époque (2001) le débat dans le groupe concernant les pôles savoir et/ou apprentissage était souvent étayé par la « théorie intermédiaire des quatre mondes » mais qu'en revanche la prise de décision était difficile lorsqu'il s'agissait d'aspects de la classe concernant le pôle enseignement : gestions des traces écrites des élèves, estimation par l'enseignant de l'avancée et de la continuité du savoir, rôle de l'enseignant lors d'activités « ouvertes » au cours desquelles le milieu peut ne pas jouer suffisamment son rôle de rétroaction.... Il y a là un défi à relever d'autant que ce sont des aspects

sur lesquels certains enseignants se sentent experts par expérience et pour lesquels la légitimité de la didactique est moins assurée.

Ce regard réflexif est d'autant plus nécessaire qu'il va mettre en évidence et donner à réfléchir sur les développements nécessaires.

Dynamique de la métaréflexion sur la production de ressources

La théorisation intermédiaire décrite précédemment fut explicitée après une expérience de co-conception de ressources d'enseignement sur plusieurs années. Cette explicitation visait à rendre opératoires les choix opérés au cours de la collaboration enseignants-chercheurs sur une grande variété de sujets de la physique scolaire.

Dans cette partie, nous revenons sur le processus de production de ressources, processus qui permet par la suite de caractériser les ressources produites.

En même temps qu'étaient formalisées certaines hypothèses et les théories intermédiaires associées, la production de ressources *pour enseigner* se poursuivait (c'est encore le cas maintenant) par des allers-retours permanents entre ressources contextualisées à un sujet particulier et ressources « transversales », au sens où elles concernent n'importe quel sujet d'enseignement de physique du secondaire et permettent d'explicitier les choix ou hypothèses qui déterminent les ressources liées à un contenu particulier.

Si le moteur initial de la collaboration entre enseignants et chercheurs a été la production de ressources d'enseignement, donc sur des sujets particuliers, il est apparu assez rapidement la nécessité de produire des ressources transversales, essentiellement pour deux raisons :

- les enseignants concepteurs ont ressenti le besoin d'explicitier les pratiques communes à l'enseignement des diverses séquences conçues ; les chercheurs impliqués ont ressenti le besoin de « théoriser » la conception des séquences, en collaboration avec certains enseignants jouant le rôle particulier de passeur comme nous le présentons plus loin ; chercheurs et enseignants ont eu à cœur de mettre au point des outils opératoires (par exemple la grille « partition des savoirs » présentée plus haut) ;
- le temps passé à mettre au point une séquence ne permettait pas de suivre le temps d'enseignement et de préparation : ce décalage temporel entre enseignement et conception ainsi que la demande de certains enseignants en formation continue impliquaient de produire des ressources opératoires d'aide à la conception autonome avec les mêmes théories intermédiaires que celles utilisées pour les séquences déjà produites. Cela participait bien de la logique de formation que nous avons toujours également visée : formation dans l'action à partir de séquences existantes, formation par « escapade » qui permet d'approfondir un outil de conception à partir d'une ressource d'enseignement spécifique.

Ce processus est itératif au sens où l'expérimentation des enseignants d'une part, l'activité de recherche d'autre part (sur les séquences co-construites) permettent une rétroaction sur les ressources (figure 3). Les différents regards et les différentes échelles d'observation s'enrichissent mutuellement, tout en tenant compte de la diversité des pratiques enseignantes et

des différents contextes d'établissements scolaires. Les ressources sont en constante évolution, influencées par le retour d'expérience des enseignants et dans certains cas des observations et analyses des chercheurs. Si les rétroactions concernaient initialement les ressources d'enseignement, au fur et à mesure de la production des ressources transversales, les rétroactions pouvaient s'opérer directement sur celles-ci (figure 3, traits en pointillés).

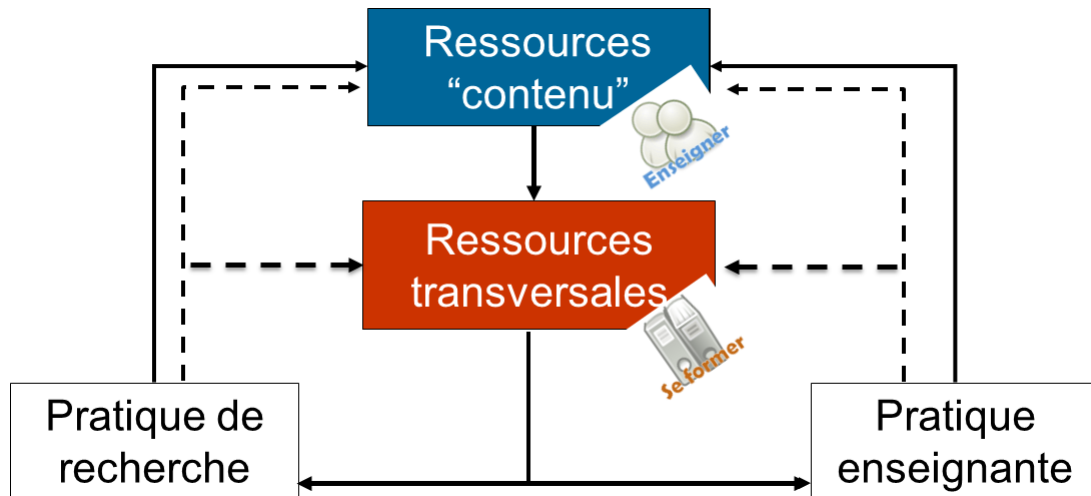


Figure 3 : Processus itératif de co-conception des ressources d'enseignement et de formation

La conception des ressources transversales a rapidement nécessité d'en distinguer deux types correspondant à deux nouvelles étapes du travail collaboratif : si les premières ne renvoient pas à un type particulier de situation de classe (grille « partition des savoirs », etc....) d'autres concernent seulement certaines situations spécifiques (des éléments caractérisant par exemple les activités proposées aux élèves selon le rôle qu'elles jouent par rapport à l'introduction du modèle, selon le type de situation matérielle étudiée, ou des outils pour mettre en œuvre des évaluations par les pairs...).

La chronologie très simplifiée d'élaboration des ressources est représentée sur la figure 4.

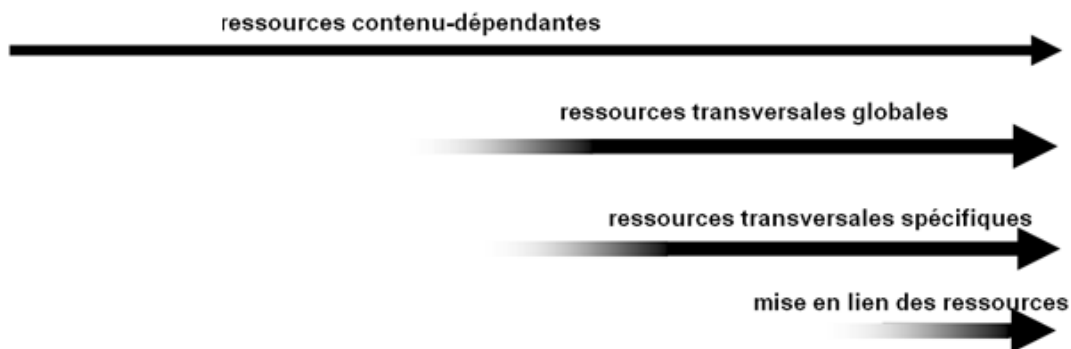


Figure 4 : Chronologie simplifiée du processus de production

La mise en lien des ressources est un travail encore en cours, nécessaire en particulier chaque fois qu'une nouvelle production est effectuée. Cette mise en lien, cruciale lorsqu'on vise un essaimage d'ampleur et dépassant les évolutions des programmes et des instructions officielles,

s'est accompagnée d'une caractérisation supplémentaire qui concerne des ressources liées à une séquence particulière (donc contenu-dépendantes) mais exploitant de façon très opératoire des ressources transversales non spécifiques d'un type de situation : c'est par exemple le cas d'une carte conceptuelle qui met en lien les concepts d'une partie de programme, les résultats d'une analyse fine des attendus ou encore les conceptions initiales sur un sujet particulier.

On a ainsi cartographié les ressources (figure 5), en indiquant des liens approximativement chronologiques représentés par des flèches en trait plein, les flèches en pointillés rendant compte de la rétroaction inévitable sur les ressources *pour enseigner*.

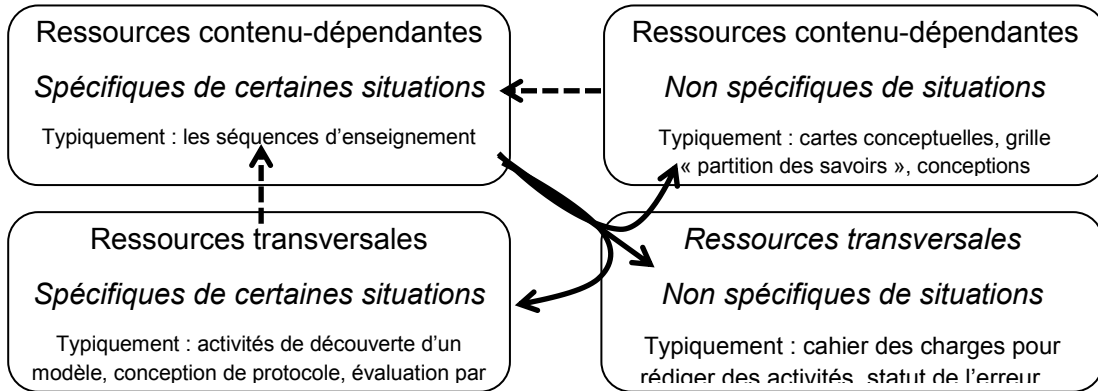


Figure 5 : Types de ressources et leur développement chronologique (en trait plein les liens chronologiques, en pointillés les rétroactions sur les ressources *pour enseigner*)

Cette caractérisation des ressources permet de penser non seulement leur structuration et leur mise en lien sur PEGASE, mais également les ressources manquantes, qui n'ont pas encore fait l'objet d'une explicitation de théories intermédiaires et d'hypothèses pourtant utilisées *dans l'action*. Une telle description est ainsi complémentaire d'une analyse selon les pôles Savoir/Enseignement/Apprentissage décrite dans la partie précédente.

Ce travail réflexif sur la production de ressources sur le long terme est possible à condition de respecter quelques critères que nous détaillons brièvement maintenant. Au-delà de l'évidente condition d'un temps long de co-conception (les recherches collaboratives imposent de comprendre les pratiques, les contraintes et les finalités de l'autre), il convient également de briser toute posture hiérarchique entre l'enseignant et le chercheur. Nous nous inscrivons ainsi pleinement dans ce que Snow (2015), appelle « Practice-Embedded Educational Research » :

« La relation traditionnelle entre le chercheur, producteur de savoir, et le praticien, utilisateur du savoir, a été remplacée par la notion de deux sources de savoir (recherche et pratique). Bien que les deux sources peuvent générer différents types de savoir, ces deux types sont jugés d'égale valeur et importante pour l'amélioration des résultats de l'enseignement. Un corollaire du modèle de partenariat est que les chercheurs doivent reconnaître les réalités de la pratique et les praticiens doivent reconnaître la nécessité de rigueur dans la recherche. » (p. 461)

Si la coopération nécessite du temps, elle impose également de bien définir les fonctions de chacun. De ce point de vue, la fonction de « passeur » (figure 6) qui émerge dans les recherches collaboratives, semble essentielle, en pouvant être incarnée alternativement par un enseignant ou par un chercheur, tout comme la notion d'objet frontière. Enfin, il convient, pour pouvoir mener ce travail réflexif, de ne pas perdre de vue la nature des ressources produites et leurs publics cibles (y compris la communauté de la recherche puisque ce type de travail produit de la recherche académique).

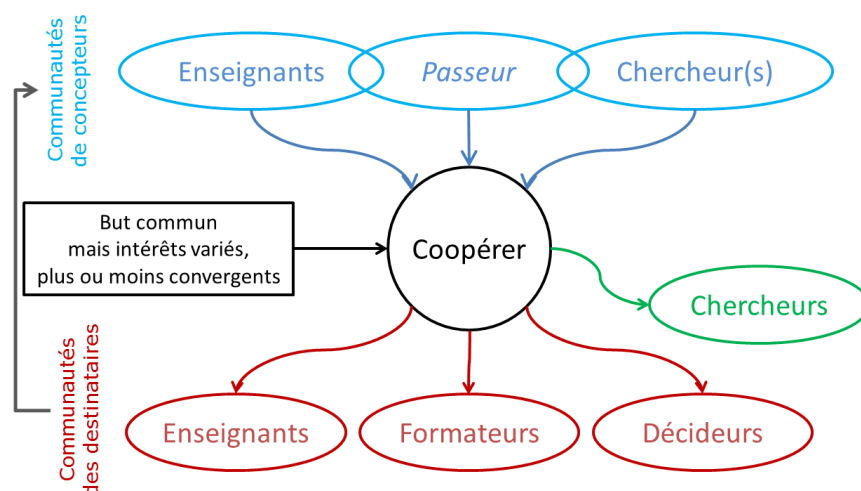


Figure 6 : Communautés impliquées dans la conception de ressources d'enseignement

Conclusion

Une condition essentielle de ce développement de ressource a été la longue durée, ici plusieurs dizaines d'années pour construire et expliciter les choix et fondements théoriques des ressources produites. Cette temporalité peut paraître démesurer, mais elle permet à la fois la stabilisation de certaines ressources et la construction de nouvelles avec des fondements partagés entre les chercheurs et les enseignants et avec un rôle pivot des passeurs. Cette explicitation des choix permet une certaine mobilité des personnes dans la continuation. Elle a montré également combien elle conduit aussi bien à des développements théoriques qu'à de nouvelles ressources.

Références

- Ainsworth, S. (2008). The educational value of multiple representations when learning complex scientific concepts. In J. K. Gilbert, M. Reiner, & M. Nakhlel (Eds.), *Visualization: Theory and Practice in Science Education* (pp. 191–208). New York: Springer.
- Bonnéry, S. (2007). *Comprendre l'échec scolaire: élèves en difficultés et dispositifs pédagogiques*. Paris: Dispute.
- Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R., & Schoube, L. (2003). Design experiments in educational research. *Educational Researcher*, 32(1), 9–13.
- diSessa, A. (2006). A history of conceptual change research: threads and fault lines. In K. Sawyer (Ed.), *Cambridge handbook of the learning sciences* (pp. 265–282). Cambridge, UK: Cambridge University Press.

- Duval, R. (1995). *Sémiosis et pensée humaine, registres sémiotiques et apprentissage intellectuels [Semiosis and human thought, semiotic registers and intellectual learning]*. Berne: Peter Lang.
- Fishman, B. J., Penuel, W. R., Allen, A.-R., Cheng, B. H., & Sabelli, N. (2013). Design-Based Implementation Research: An Emerging Model for Transforming the Relationship of Research and Practice. In B. J. Fishman & W. R. Penuel (Eds.), *Design Based Implementation Research* (National Society for the Study of Education, Vol. 112, pp. 136–156).
- Gaidioz, P., Vince, J., Tiberghien, A. (2004). Aider l'élève à comprendre le fonctionnement de la physique et son articulation avec la vie quotidienne. *Bulletin de l'Union des Professeurs de Physique et de Chimie*, vol. 98, n° 866, 1029-1042
- Jeannin, L. (2006). *Appropriation par un enseignant de physique d'une nouvelle séquence d'enseignement : cas de la mécanique en seconde* (Thèse de doctorat). Université Lyon 2, Lyon.
- Miguet, A.-M., Bastard, H., Martinache, A., Perrey, S., Piel, V., Rondepierre, T., ... Vince, J. (2014). Du programme officiel aux activités des élèves. Un outil pour la conception d'une séquence aux contenus scientifiques cohérents. *Bulletin de l'Union Des Physiciens*, 960, 39–54.
- Rémi-Giraud, S. (2008). Mots courants et connaissances scientifiques. In J. Lautrey, S. Rémi-Giraud, E. Sander, & A. Tiberghien (Eds.), *Les connaissances naïves* (pp. 154–192). Paris: Armand-Colin.
- Roth, K. J., Garnier, H. E., Chen, C., Lemmens, M., Schwill, K., & Wickler, N. I. Z. (2011). Videobased lesson analysis: Effective science PD for teacher and student learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(2), 117–148.
- Slavin, R. E., Hurley, E. A., & Chamberlain, A. (2003). Cooperative Learning and Achievement: Theory and Research. In I. B. Weiner (Ed.), *Handbook of Psychology*. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/0471264385.wei0709>
- Snow, C. E. (2015). Rigor and Realism: Doing Educational Science in the Real World. *Educational Researcher*, 44(9), 460–466. <https://doi.org/10.3102/0013189X15619166>
- Tiberghien, A. (2011). Conception et analyse de ressources d'enseignement : le cas des démarches d'investigation. In M. Grangeat (Ed.), *Les démarches d'investigation dans l'enseignement scientifique Pratiques de classe, travail collectif enseignant, acquisitions des élèves* (pp. 185-212). Lyon: INRP.
- Tiberghien, A., & Malkoun, L. (2007). Différenciation des pratiques d'enseignement et acquisitions des élèves du point de vue du savoir. *Education et Didactique*, 1, 29–54.
- Vince, J., Miguet, A.-M., Perrey, S., & Tiberghien, A. (2016). Structurer son enseignement à l'aide d'activités Quelle place et quelle forme pour l'institutionnalisation ? *Le BUP (Bulletin de l'Association Des Professeurs de Physique et de Chimie)*, 110(988), 1305–1325.
- Veillard L., Tiberghien A., & Vince J. (2011) Analyse d'une activité de conception collaborative de ressources pour l'enseignement de la physique et la formation des professeurs : le rôle de théories ou outils spécifiques. *Activités*, 8(2), 202-227.