

ETUDE D'UNE RESSOURCE SUR LE THEME DE LA MODELISATION DANS L'ENSEIGNEMENT DES
MATHEMATIQUES : VERS UN MOOC ?

Richard CABASSUT¹, Marc TRESTINI²

Résumé - La modélisation et la démarche d'investigation sont deux thèmes développés dans différents pays européens (Cabassut 2013) et donnant lieu à diverses offres de ressources. On présentera des éléments théoriques sur la modélisation et les ressources. Puis on présente et on étudie une ressource pour l'enseignement de la modélisation. On conclut en interrogeant la pertinence de créer un cours en ligne ouvert à tous (un MOOC) prolongeant cette ressource.

I Modélisation et démarche d'investigation

En 2006 une recommandation du parlement européen (European Parliament 2006) invite à développer dans l'enseignement la compétence mathématique qui développe et applique une pensée mathématique de manière à résoudre des problèmes de la vie quotidienne. Cet encouragement à développer la modélisation dans l'enseignement se retrouve dans les études PISA (OECD 2009) : elles soulignent l'importance du processus de mathématisation et proposent un cycle de modélisation qui a été repris dans le projet LEMA que nous détaillerons dans un prochain paragraphe.

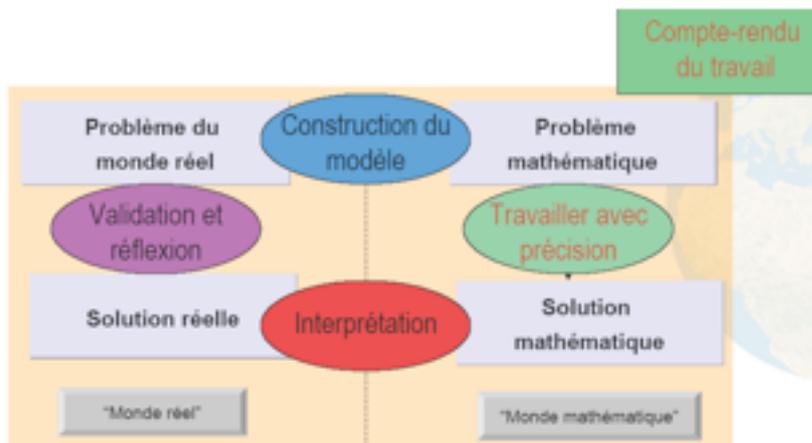


Figure 1 – Cycle de modélisation du projet LEMA, basé sur PISA

La démarche d'investigation a également été promue dans le rapport Rocard (2007). En se basant sur les travaux de Linn, Davis, Bell (2004), Rocard (2007, p.10) définit la démarche d'investigation comme le processus intentionnel de diagnostic des problèmes, de critique des expériences, et de distinction des alternatives, de planification des investigations, de recherche des conjectures, de recherche des informations, de construction des modèles, de débat avec

¹ Richard CABASSUT, ESPE- et LISEC- EA 2310, Université de Strasbourg, LDAR – Université Paris-Diderot, richard.cabassut@unistra.fr

² Marc TRESTINI, ESPE et LISEC-EA 2310, Université de Strasbourg.

des pairs, et de formulation des arguments cohérents. Il précise que « dans l'enseignement mathématique, la communauté se réfère à 'l'apprentissage basé sur les problèmes ' ». L'expérience de « la main à la pâte » est citée comme exemple de mise en œuvre de la démarche d'investigation à l'école primaire en France (Ibidem p.16).

PISA (OECD, 2009) pointe les différentes étapes du cycle de modélisation où une démarche d'investigation peut intervenir. Le passage du problème du monde réel au problème mathématique exige une véritable démarche d'investigation qui sert à reconnaître des concepts mathématiques pertinents pour le problème du monde réel. Elle conduit à sélectionner ou chercher des données, proposer des hypothèses, des généralisations et des formalisations pour permettre de se dégager du problème réel afin de construire un problème mathématique, modèle du problème du monde réel. On retrouve également la démarche d'investigation dans le travail dans le monde mathématique pour chercher une solution mathématique au problème mathématique précédent. Enfin la démarche d'investigation intervient dans la recherche de critères, la plupart du temps extra-mathématiques, qui vont permettre de valider la solution réelle interprétant la solution mathématique précédente. On voit donc que la démarche d'investigation est essentielle au processus de modélisation.

En France, le socle commun des compétences prend appui explicitement sur les recommandations du parlement européen et sur les enquêtes PISA (BOEN, 2006, p.4) et souligne l'importance de la résolution de problèmes à partir de situations proches de la réalité. Les différents programmes, tant au primaire qu'au secondaire, invoquent la résolution de problèmes de la vie quotidienne ou la modélisation, et encouragent explicitement à la démarche d'investigation, parfois en lien avec les autres disciplines (BOEN, 2008 à 2010).

II Ressources en ligne ouvertes à tous

Pour définir une *ressource* au sens large, on retiendra qu'il faut

[...] penser les ressources comme une forme du verbe re-sourcer : nourrir à nouveau, ou différemment. Cette interprétation est provocante : elle a pour objectif d'attirer l'attention sur les ressources et leurs usages, de questionner des significations tenues pour acquises [...] étendre le sens commun de ressources au-delà des objets matériels et comprendre les ressources humaines et culturelles, comme le langage et le temps, comme cruciales dans la pratique des mathématiques scolaires » (Adler, 2010, p.25).

Dans cette acception générale des éléments de formation initiale ou continue, la constitution d'un groupe d'échange entre pairs, un document papier ou un site, peuvent être des ressources.

Une ressource est dite *en ligne* si elle est accessible par une ligne de communication, en général à travers un réseau intranet ou internet. Ces dernières années connaissent un essor important des ressources en ligne, notamment celles consacrées à la modélisation ou à la démarche d'investigation. Citons quelques exemples au niveau européen.

POLLEN (2006) est un programme européen, de 2006 à 2009, qui a créé un réseau de douze villes européennes. Ce réseau propose du matériel et des moyens méthodologiques et pédagogiques pour construire, au niveau local, des initiatives développant l'éducation scientifique à l'école primaire. Des exemples illustrent la démarche d'investigation.

LEMA (2006) est un projet européen Comenius impliquant six pays européens dont des représentants ont développé une formation à l'enseignement de la modélisation pour les enseignants. L'étude de cette ressource est l'objet de cet atelier et sera détaillé plus loin.

De 2006 à 2009, vingt six partenaires ont développé le programme S-TEAM (Science teacher education advanced methods) dans le but d'améliorer l'enseignement et l'apprentissage des sciences en Europe par la création de ressources et de formations des enseignants.

Le projet COMPASS (2009) a proposé de 2009 à 2011 des tâches pour les enseignants pour développer une approche interdisciplinaire qui rassemble mathématiques et sciences.

PRIMAS est un projet qui promeut de 2010 à 2013 la démarche d'investigation en mathématiques et en sciences au niveau primaire et au niveau secondaire en Europe, en proposant des ressources et des formations.

En France, l'essor des MOOC relance le débat de la diffusion et de la mise à disposition du savoir en ligne. Depuis le jeudi 16 janvier 2014, les Français peuvent suivre des cours en ligne interactifs et gratuits sur les MOOC de la plateforme de « France université numérique » (FUN3). Plus de 80.000 personnes s'étaient inscrites dès son lancement. Cisel et Bruillard (2012) participent à son développement en produisant le MOOC EFAN4 et étudient les mutations induites par cette innovation techno-pédagogique. Trestini, Rossini et Christoffel (2014) recueillent et étudient les avis et représentations des professionnels français sur la question des MOOC au moment même où ils commencent à se développer sur notre territoire⁵. Ils montrent que les modèles pédagogiques, didactiques et économiques des MOOC nord-américains ont été adoptés et reproduits sans remaniement par les professionnels français de l'enseignement en ligne. Ils observent néanmoins qu'une évolution de ces modèles est en cours et qu'elle est provoquée par les premiers résultats de l'activité au sein des MOOC. Ces derniers ne sont d'ailleurs présentés aux français par Geneviève Fioraso⁶, alors ministre de l'enseignement supérieur, que « comme une expérimentation, amenée à évoluer à l'usage et selon les avis des utilisateurs ».

Un MOOC est un « massive open online course », ce qui que nous traduisons, avec Cisel et Bruillard (2012), par cours en ligne ouvert à tous.

On peut considérer qu'un *cours* est une catégorie de ressources, plus structurées qu'une simple ressource documentaire (souvent avec une progression dans le temps), avec des objectifs (implicites ou explicites) d'enseignement et d'apprentissage et souvent avec une composante d'évaluation (qui peut aller de l'auto-évaluation à la certification).

Le caractère *ouvert à tous*, qui traduit *massive open*, est potentiel, c'est-à-dire qu'il n'y a pas de limitation dans le suivi du cours, limitation par la demande, par exemple, d'une participation financière comme droit d'inscription pour accéder au cours. Dans certaines formations universitaires, il y a des conditions d'inscription, par exemple, être titulaire d'une licence pour pouvoir s'inscrire dans une formation de master. Nous ne considérons pas qu'aujourd'hui l'inscription technique, avec une adresse courriel et parfois ses coordonnées, constitue une limitation. Par contre une limitation liée à une participation financière, une condition de diplôme ou d'âge, une appartenance institutionnelle enlève la qualité d'ouverture à tous. Cisel et Bruillard (Ibidem, p.3) évoquent un MOOC sur l'intelligence artificielle ayant attiré 160 000 étudiants, ce qui fait que le terme « massif » peut être interprété comme exprimant une fréquentation massive du cours. Pour notre part, nous l'interpréterons comme signifiant un cours ouvert sans limitation, c'est-à-dire *ouvert à tous*.

³ <http://www.france-universite-numerique.fr/>

⁴ « Enseigner et Former Avec le Numérique » : Intitulé d'un cours dirigé par Eric Bruillard sur FUN.

⁵ C'est-à-dire au tout début de l'expérience française, du 30 janvier au 20 février 2014, période qui correspond grosso modo à la fin de la saison 2 d'Itypa et au 1er mois de fonctionnement de FUN.

⁶ Interviewée le 8 mars 2014 dans 01 BUSINESS. Accessible sur : <http://video.lefigaro.fr/figaro/video/le-numerique-dans-l-enseignement-superieur-genevieve-fioraso-dans-01business-2-4/3314406014001/>

Après avoir précisé les cadres théoriques de la modélisation et des ressources, étudions les ressources en ligne ouvertes à tous proposées par le projet LEMA.

Examinons quelques critères proposés par des enseignants pour choisir une ressource (Cabassut, 2015). Un des critères proposé est *l'accès gratuit*, ce qui renvoie sans doute aux conditions institutionnelles où les budgets d'équipement des établissements en ressources mathématiques restent contraints. *L'autonomie dans l'utilisation* de la ressource semble renvoyer aux préoccupations du formateur ou de l'enseignant qui souhaitent être affranchis des difficultés matérielles ou de guidage dans la prise en main. Un autre critère est *la liberté d'usage* de la ressource : l'utilisateur peut paramétrer la ressource ; il peut « la mettre à sa sauce » ; il y a plusieurs usages possibles. On peut emprunter à la théorie instrumentale (Rabardel, 1995) le concept *d'instrumentalisation* de la ressource : l'utilisateur attribue des fonctions (prévues ou non à l'origine par celui qui l'a conçue) à cette ressource (Cabassut & al., 2006, p.16). *L'adéquation au contexte* est un élément important : la ressource doit être cohérente avec les objectifs de la formation, conforme à la sensibilité didactique de l'utilisateur, et minimiser l'écart entre ce qui est prévu en formation et ce qui est réalisé lors de la mise en œuvre en classe. *L'ergonomie* est aussi importante : rapidité de la compréhension et de la prise en main, lisibilité, pluralité des modes d'accès, hiérarchisation des informations. Enfin, une composante *d'évaluation* doit encourager les pratiques réflexives. La *portée* de la ressource précise son champ d'application : thème traité, contexte institutionnel visé, cible d'utilisateurs.

III Le projet LEMA : exemple d'une ressource en ligne ouverte à tous sur l'enseignement de la modélisation

Le site (lema-project.org) a été produit par le projet européen LEMA et propose une formation et des ressources sur l'enseignement de et par la modélisation. Trois parties sont proposées : des ressources pour formateurs, des ressources pour les enseignants et des vidéos de mise en œuvre de la modélisation en classe.

1. Ressources pour les formateurs

Les ressources pour les formateurs comprennent cinq modules de formation à la modélisation :

- « modélisation » propose une formation sur ce qu'est la modélisation et les avantages et inconvénients de l'introduire dans l'enseignement,
- « tâches » propose une formation pour explorer et créer des tâches de modélisation, ainsi qu'adapter des tâches à des objectifs plus ciblés,
- « leçons » propose une formation sur les méthodes d'enseignement utilisant la modélisation et sur les compétences mises en jeu,
- « évaluation » propose une formation à l'évaluation formative, l'évaluation sommative et la rétroaction,
- « réflexion » propose un retour réflexif sur les expériences de modélisation en classe et sur la prise en compte des parents d'élèves et des conditions institutionnelles du système scolaire.

Ces modules sont sous-divisés en sous-modules de formation accompagnés chacun d'un *diaporama* à utiliser avec les formés, déroulant la session de formation, d'un *guide du formateur* précisant la structure, les objectifs et les matériels de cette session, de *ressources* imprimables pouvant être utilisées dans la session, d'un *journal du formé* où chaque formé

peut pratiquer un retour réflexif tout au long de la formation qu'il suit. Présentons chaque module.

1.1 Module « modélisation »

Le module « modélisation » propose aux professeurs en formation de travailler sur différentes tâches du monde réel, de réfléchir aux caractéristiques de ces tâches et de penser à des critères permettant de différencier les tâches de modélisation des autres tâches du monde réel. On peut s'appuyer sur le cycle de modélisation proposée par les études PISA (OECD, 2009) basé sur les travaux de Schupp (1988) et Blum (1996). Ensuite est encouragée la réflexion sur l'inclusion d'un nombre plus important de tâches de modélisation et d'application dans l'enseignement, ses bénéfices pour les élèves, mais également les difficultés et les obstacles à surmonter. Cette réflexion peut s'appuyer sur les recherches de (Blum, Niss, 1991) sur les avantages et les inconvénients de l'enseignement de la modélisation.

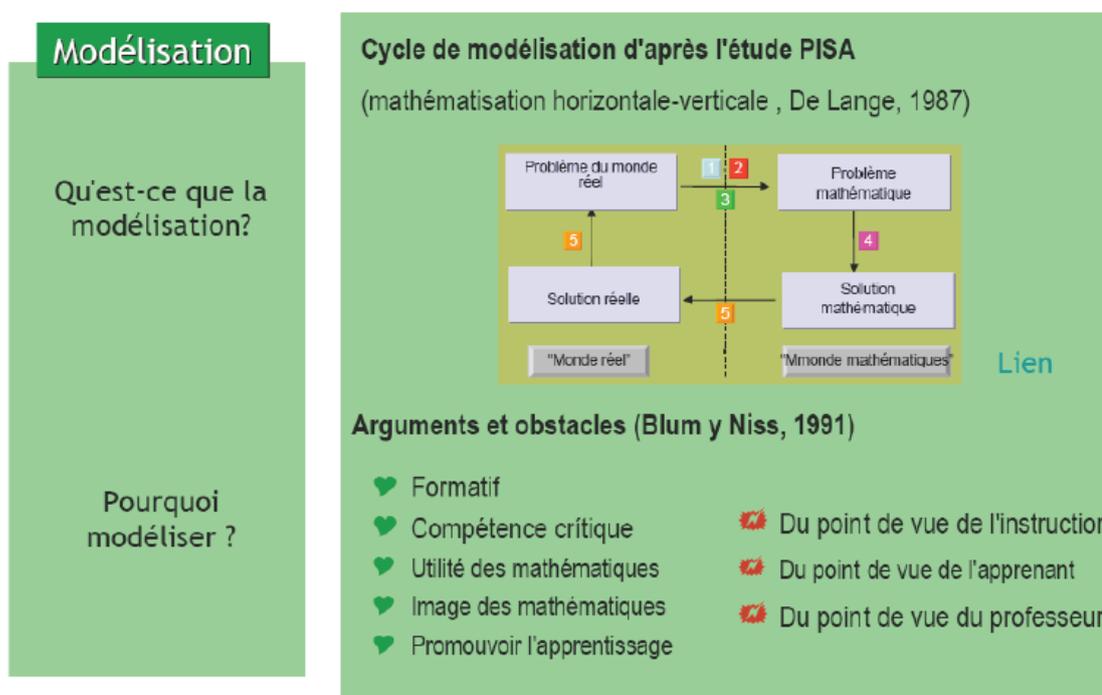


Figure 2 – Module « modélisation »

1.2 Module « tâches »

Le module « tâches » doit permettre d'autres expériences du processus de modélisation à partir de différentes tâches, de prendre connaissance de différentes tâches pour en faciliter la classification, de réfléchir à l'influence de la présentation des tâches sur les stratégies des élèves. Le professeur en formation réfléchit à la façon de préparer de nouvelles tâches à partir de situations réelles, et de réécrire ou adapter des exercices de manuels pour les transformer en tâches de modélisation en fonction des objectifs des leçons, de réfléchir à la façon de classifier différentes tâches liées à un contexte et d'avoir une vue d'ensemble de la gamme étendue des tâches qui peuvent être utilisées avec des élèves. Dans le module on considère comment varier les tâches pour s'assurer qu'elles aient toutes les chances de répondre aux objectifs d'un cours. (Cabassut, 2008) montre différentes variables dans la présentation d'une tâche de modélisation qui permettent de viser des compétences particulières.

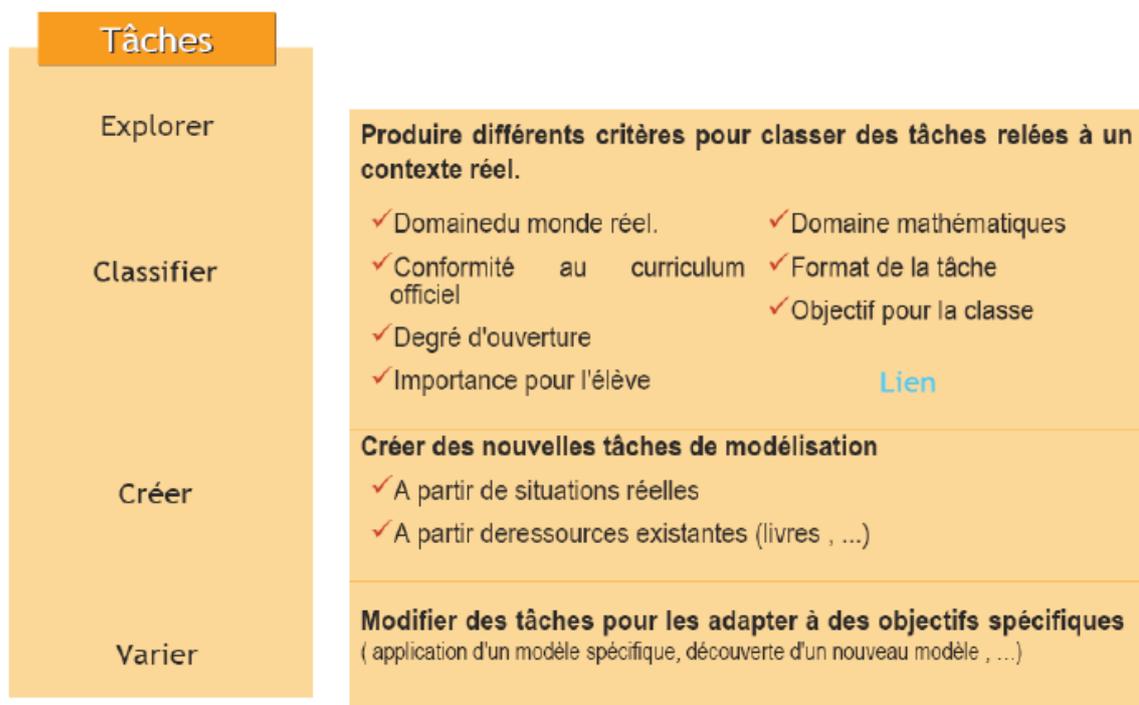


Figure 3 – Module « tâches »

1.3 Module « leçon »

Le module « leçon » permet de réfléchir aux questions et aux problèmes importants qui peuvent survenir dans les modélisations en classe, d'envisager plusieurs méthodes et stratégies pouvant être utilisées dans des leçons de modélisation ; de réfléchir aux compétences acquises par les élèves lors de la modélisation, à la façon de concevoir des leçons pour aider les élèves à développer certaines compétences en modélisation et à la façon d'aider les compétences des élèves en matière de raisonnement. On réfléchit à l'importance pour les élèves d'une vue d'ensemble du cycle de modélisation, à la façon d'aider les élèves à développer des stratégies métacognitives et à la façon d'utiliser une approche de modélisation dans l'enseignement en se concentrant sur un contenu mathématique spécifique. Les recherches justifiant ce module sont notamment rappelées dans Maass (2006).

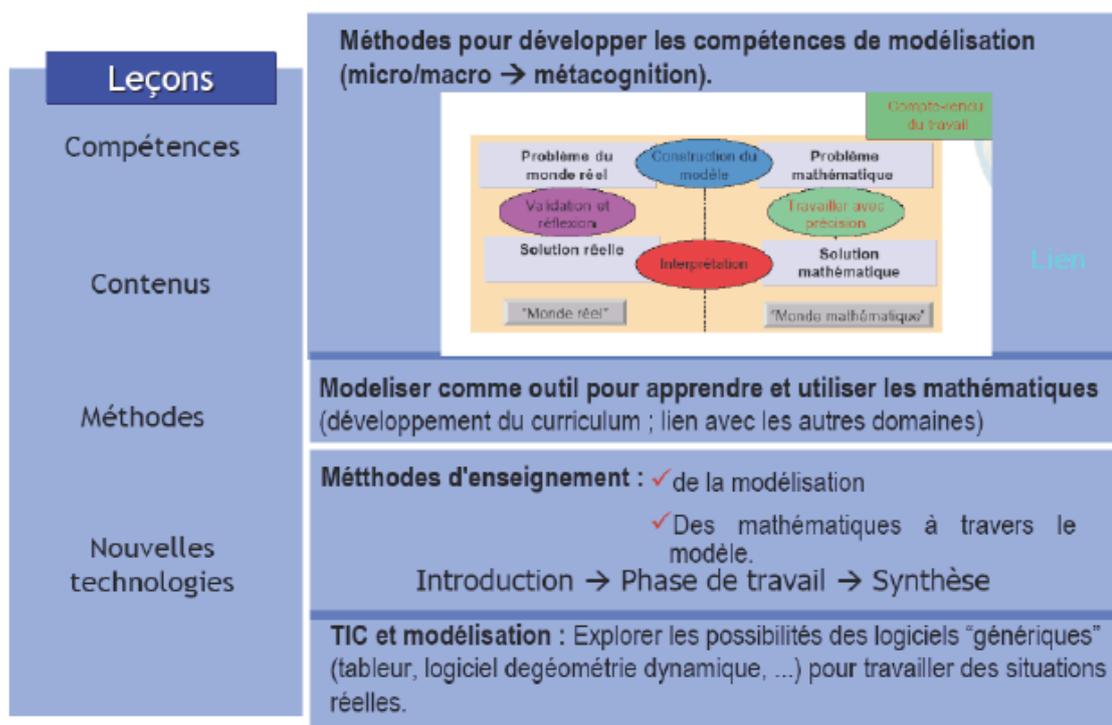


Figure 4 – Module « leçons »

1.4 Module « évaluation »

Le module « évaluation » permet de réfléchir à la façon d'identifier, d'évaluer et d'aider les progrès des élèves en modélisation mathématique, de questionner aussi bien l'évaluation formative que sommative, de réfléchir à la rétroaction à donner aux élèves en tant qu'enseignant, lorsqu'ils exécutent en groupes des tâches de modélisation, enfin de réfléchir à des stratégies qui encouragent l'apprentissage de l'auto-évaluation chez les élèves. Ce module prend appui sur les recherches de Black et al. (2002) qui ont notamment montré l'effet profitable de l'évaluation formative.

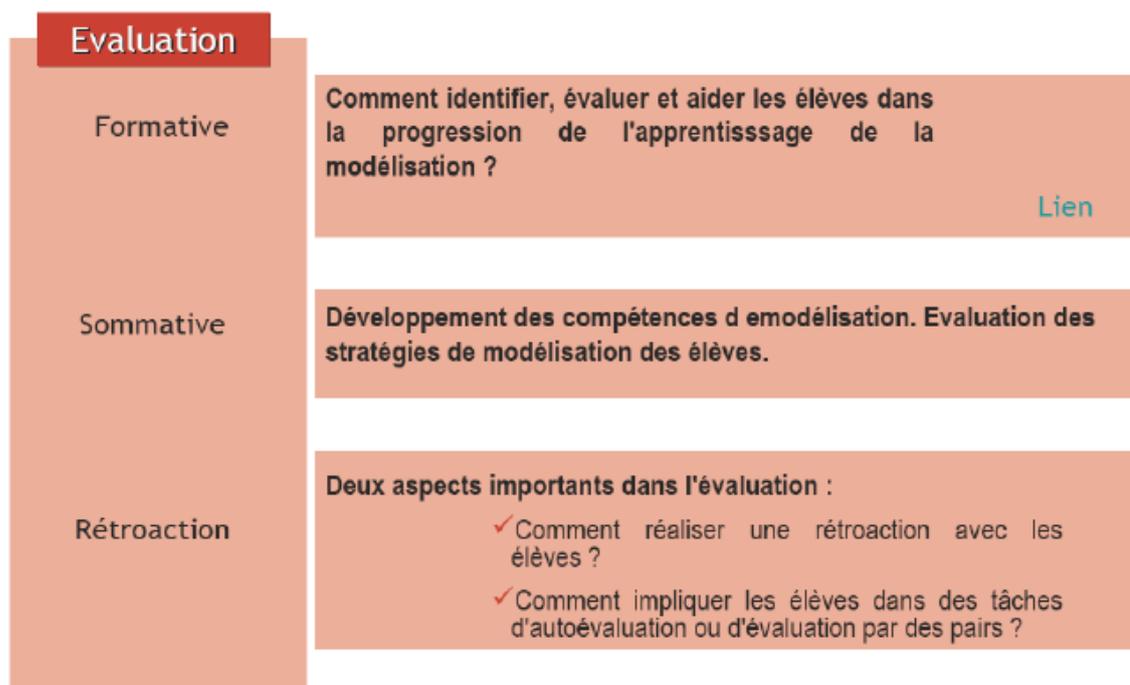


Figure 5 – Module « évaluation »

1.5 Module « réflexion »

Le module « réflexion » examine d'éventuelles réactions à la modélisation des élèves et des parents, la façon de traiter avec eux. Il permet d'examiner la façon dont les caractéristiques de l'institution dans laquelle le professeur formé travaille peut le gêner dans ses tentatives pour intégrer la modélisation dans sa pratique de classe. On examine les moyens de surmonter les obstacles et on réfléchit aux expériences de modélisation avec les classes et aux discussions avec ses collègues. Garcia, Wake, Maass (2010) illustrent le rôle des conditions institutionnelles dans l'enseignement de la modélisation.

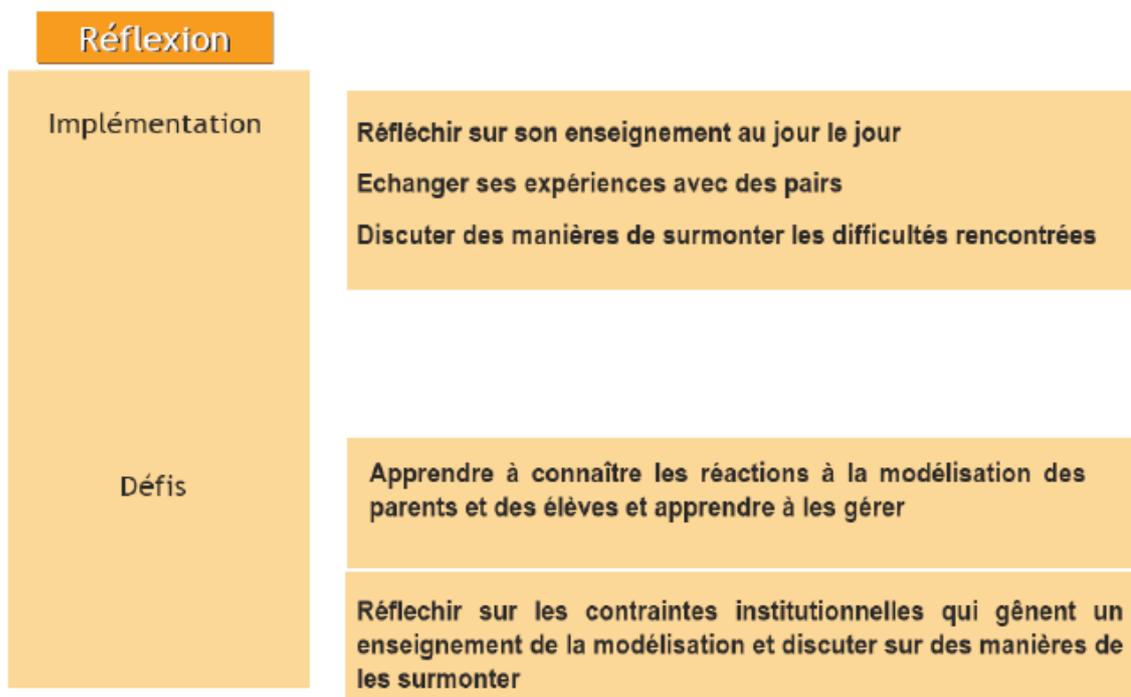


Figure 6 – Module « réflexion »

2 Ressource pour les enseignants dans les classes

Cette ressource propose trente énoncés de tâches de modélisation pour la classe associées à des situations issues de contextes qui peuvent être liés aux différents pays européens partenaires du projet LEMA.

3 Vidéos de classe

Quatre vidéos dont une mise en œuvre. Une mise en œuvre a lieu dans une classe d'école primaire française. Les trois autres ont lieu dans des écoles secondaires d'autres pays européens. Les vidéos sont sous-titrées en français et sont découpées en différentes phases structurant la séance et commentées par écrit.

4 Observations de l'atelier

L'atelier a permis de dégager les observations suivantes concernant le site du projet LEMA. Dans le temps imparti, qui nécessitait notamment un temps de prise en main d'une ressource complexe, ces observations restent partielles.

On observe une domination du domaine des grandeurs-mesures. Il est vrai qu'il a été plus difficile de trouver des tâches impliquant le domaine de la géométrie sans impliquer de grandeurs géométriques. Il faut construire un modèle pour résoudre la tâche proposée, et une stratégie consiste à chercher les grandeurs mises en jeu dans la situation proposée. Souvent on a tendance à supposer des relations de proportionnalité entre grandeurs. L'intérêt didactique est de révéler des conceptions fausses, par exemple, à propos de la proportionnalité.

Il est également intéressant de distinguer les différents types de raisonnements et les différents types de procédures mises en œuvre. Mais comme les situations proposées sont très ouvertes, il paraît difficile d'anticiper. Est-ce que l'ouverture du problème est une variable didactique qui permettrait d'orienter vers un type de modèle ? Par exemple, est-ce que la

donnée de deux grandeurs oriente vers un modèle de proportionnalité, ou plus généralement fonctionnel, entre ces deux grandeurs ?

On peut dégager quelques caractéristiques de la ressource.

Ergonomie : la partie de la ressource dédiée aux formateurs apparaît complexe tant au niveau de l'accès que de la prise en main et mériterait un accès plus clair.

L'adéquation au contexte demande à être vérifiée, notamment pour ce qui concerne le savoir mathématique et le savoir didactique visés. Il est important de montrer la conformité avec le programme de l'école primaire ou secondaire en proposant une carte des répartitions des connaissances et des compétences qui pourraient être couvertes par des activités de modélisation. On sent que le caractère plurinational de la production de cette ressource n'a pas permis une contextualisation aussi poussée dans le programme français. Dans un contexte de classe, quelle progression mettre en œuvre ? Qu'auront appris les élèves et quels objectifs peuvent être visés ? La ressource devrait approfondir ces thématiques.

Liberté d'usage : la ressource propose une entrée par modules. Cependant les modules sont parfois interdépendants. Il manque une bibliographie d'appui qui permettrait de prendre en main les modules avec plus d'autonomie.

Evaluation : au début de chaque session, le diaporama du formateur, adressé aux formés, présente les objectifs de la session et les productions attendues ; à la fin de chaque session il est prévu un retour sur les objectifs visés et sur les productions attendues. Le journal du formé encourage les pratiques réflexives, les objectifs métacognitifs et l'évaluation formative : il est synthétique et structurant. On pourrait également envisager un journal du formateur. Cependant cette auto-évaluation reste limitée, puisque restant confidentielle et donc non soumise à un regard extérieur. Cependant le formateur peut organiser des séances collectives de retour réflexif. Dans une utilisation autonome de la ressource, on observe l'absence d'évaluation externe, alors que certains MOOC la prévoient, allant parfois jusqu'à la certification.

Portée : cette ressource est plus ciblée sur le thème de la modélisation. Cependant certaines pratiques (travail en groupes, débat argumenté, compte-rendu...) font travailler des compétences transversales. Une des difficultés de la ressource brute est qu'elle s'adresse aussi bien à des enseignants du secondaire que du primaire. Il manque des indications distinguant ces deux parcours. C'est l'utilisateur, formateur ou enseignant, qui doit lui-même adapter la ressource au type de parcours souhaité.

IV Vers un MOOC sur l'enseignement de la modélisation ?

Les échanges au sein de l'atelier ont suggéré les remarques suivantes concernant l'évolution de la ressource LEMA en MOOC.

Pour un MOOC (comme d'ailleurs pour beaucoup de ressources) il faut faire la distinction suivant le public visé, formateur ou enseignant. En effet la ressource de LEMA s'adresse plutôt à des formateurs (notamment avec le guide du formateur) même si elle contient aussi une rubrique pour les enseignants, qui pourraient être intéressés également par la rubrique vidéos. La conception du MOOC dépend du public visé.

Certes la ressource LEMA disposait d'un forum, entre 2006 et 2009, et d'une rubrique « contact » active, qui permettaient des échanges au sein des utilisateurs et concepteurs de la ressource. Ce n'est malheureusement plus le cas, comme beaucoup de ressources en ligne, qui ne sont plus actualisées. Un MOOC devrait donc prévoir un espace d'échanges, notamment

sur les difficultés et les erreurs lors des mises en œuvre de séances de formation (pour le public visé des formateurs) ou d'enseignement (pour le public visé des enseignants). Cependant on voit la limite d'un MOOC : ce service d'échanges est coûteux en terme de mise à disposition de modérateurs et le risque est, qu'après la fermeture du cours, les échanges ne soient plus modérés.

Le premier module sur la modélisation propose d'opérer une classification de différentes tâches liées à la modélisation, pour essayer de caractériser les tâches de modélisation. Il faudrait prendre en charge l'ouverture possible de cette classification et l'espace d'échanges du MOOC devrait permettre de mieux discuter les différentes classifications proposées.

De même, dans le module « leçon » de LEMA, la partie institutionnalisation n'apparaît pas clairement, ni le processus de dévolution qui devrait conduire au savoir visé. Il faudrait rendre ces parties plus claires dans un MOOC, en profitant de l'espace d'échanges entre formateurs, pour qu'un retour réflexif sur les formations, permette d'améliorer la procédure de dévolution et la phase d'institutionnalisation.

Enfin l'ergonomie apparaît comme un élément essentiel de la prise en main d'une ressource. La ressource LEMA apparaît complexe, et les éléments essentiels ne sont pas assez mis en valeur. Ce serait le rôle d'un MOOC de rendre la ressource plus attractive et plus claire, notamment par un meilleur accompagnement en ligne, et par un espace d'échanges plus dynamique.

Examinons quelques arguments qui s'appuient sur la littérature récente.

Par rapport à la distinction rappelée par Cisel et Bruillard (2012) entre xMOOC, de type transmissifs, concentrés sur la transmission de savoirs déjà existants et cMOOC, de type connectivistes, reposant sur leur génération par les apprenants, la ressource LEMA est plutôt centrée sur la production de savoir par les formés (par exemples la production de listes d'avantages ou d'inconvénients de l'enseignement de la modélisation, de difficultés et de moyens pour les surmonter, de tâches de modélisation...). Certes la ressource n'utilise pas la connectivité en ligne pour créer des communautés à distance qui collaboreraient à distance, comme c'est le cas pour certains MOOC. Ce pourrait être le supplément d'un MOOC.

Lhommeau (2014) rappelle les invariants d'un MOOC : la temporalité, la vidéo, la pédagogie du peer et la validation des connaissances. Les trois premiers invariants sont des suppléments, par rapport à la ressource en ligne LEMA, la pédagogie du peer étant l'apport décisif : « Cette logique de l'apprentissage par les pairs [...] se place comme un élément constitutif de ce format singulier qu'est le MOOC » (Ibidem p.128). Elle est certes développée en présentiel, lorsqu'on applique la ressource LEMA, à une formation présenteielle, mais la ressource en ligne LEMA met moins en valeur cette formation par les pairs, par rapport à un MOOC qui l'intégrerait dans sa conception.

Dans une comparaison avec l'enseignement à distance, Pomerol (2014, p.5-12) précise que

C'est dans la relation aux apprenants qu'il y a une « révolution » [...] l'apprenant est maintenant au « cœur du système », en ce sens qu'il n'est plus supposé être un « receveur » passif mais un acteur essentiel de son apprentissage [...] Avec les MOOC, l'apprenant dispose de la capacité d'interagir et l'enseignant de son côté peut s'adapter aux attentes et au niveau des élèves que le MOOC permet de connaître avec plus de facilités que la correction d'un devoir de temps à autre.

Tout ce qui était réservé quant à la dévolution de la formation au formé à la phase présenteielle pour la ressource LEMA, doit, pour un MOOC, être intégré à la conception du MOOC. Notamment il faut concevoir des dispositifs permettant de diagnostiquer les besoins et les attentes de formés.

En novembre 2014 débute le premier MOOC sur France Université Numérique concernant l'enseignement et la formation mathématique : « enseigner et former avec le numérique en mathématiques » (FUN, 2014). Il serait intéressant d'étudier dans ce MOOC ses dimensions d'évaluation et de formation par les pairs et quels dispositifs peuvent être transposés au thème de la modélisation.

Bibliographie - Sitographie

- Adler, J. (2010). La conceptualisation des ressources. Apports pour la formation des professeurs de mathématiques, 23-37, in Trouche L., Gueude T G. (2010) Ressources vives. Le travail documentaire en mathématiques. Lyon : INRP.
- Black, P., Harrison, C., Lee, C., Marshall, B., Wiliam, B. (2002). *Working inside the black box. Assessment for learning in the classroom*. King's College. London.
- Blum, W. (1996). Anwendungsbezüge im Mathematikunterricht in der didaktischen Diskussion. *Mathematische Semesterberichte*, 32(2), 195-232.
- Blum, W., Niss, M. (1991). Applied mathematical problem solving, modelling, applications, and links to other subjects – State, trends and issues in mathematics instruction, *Educational Studies in Mathematics*, 22, 37-68.
- BOEN (2006). Socle commun de connaissances et de compétences. *BOEN*, 29.
- BOEN. (2008a). Programmes de l'enseignement de l'école primaire. *BOEN hors série*, 3.
- BOEN. (2008b). Programmes des enseignements de mathématiques, de physique-chimie, de sciences de la vie et de la Terre, de technologie pour les classes de 6e, 5e, 4e, 3e du collège. *BOEN*, 6.
- BOEN. (2009a). Mathématiques, sciences physiques et chimiques. *BOEN, spécial 2*.
- BOEN. (2009b). Programme d'enseignement de mathématiques de la classe de seconde générale et technologique. *BOEN*, 30.
- BOEN. (2010). Programme d'enseignement spécifique de mathématiques en classe de première de la série scientifique. *BOEN, spécial 9*.
- Cabassut, R., Trestini, M., Riemlinger, P. (2006). Les TIC dans la formation et l'enseignement des mathématiques à l'école primaire. In *Actes du XXXIIe Colloque COPIRELEM, Strasbourg : IREM de Strasbourg*, 103-112,
- Cabassut, R. (2008). Articulation entre réel et mathématiques : spécificité et généricité de la modélisation. Acte du colloque Didirem "Approches plurielles en didactique des mathématiques Apprendre à faire des mathématiques du primaire au supérieur : quoi de neuf ? ». Université Paris 7. Paris.
- Cabassut, R. (2009). Un exemple de formation continue à la modélisation dans le cadre du projet LEMA : description et problèmes rencontrés *Actes du 35ème Colloque de la Copirelem*. Bombannes.
- Cabassut, R. (2013). Reflections from European examples on the teaching of modelling. *Modelling in Science Education and Learning (MSEL)*. Volume 6. Valencia University.
- Cabassut, R., Trestini, M. (2015 A paraître). Pourquoi utiliser des ressources en ligne ouvertes à tous ? Etude de deux exemples. In *Actes du 40ème colloque COPIRELEM*. IREM d'Aquitaine. Bordeaux.
- Cisel, M., Bruillard, E. (2012). Chronique des MOOCs. *Sciences et Technologies de l'Information et de la communication pour l'éducation et la formation. Volume 19*.
- COMPASS (2009). <http://compass-project.eu/>.
- European Parliament (2006). *Key competences for lifelong learning*. European Commission.

- FUN France Université Numérique (2014). *Enseigner et former avec le numérique en mathématiques*. https://www.france-universite-numerique-mooc.fr/courses/ENSCachan/20007/Trimestre_3_2014/about .
- Garcia, F.J., Wake, G., Maaß, K. (2010). Theory meets practice: working pragmatically within different cultures and traditions. In R. Lesh & al. (eds) *Modeling Stidents' Mathematical Modeling Competencies*. Springer.
- Gueudet, G., Trouche, L. (2010) *Ressources vives. Le travail documentaire des professeurs de mathématiques*. INRP. Presses Universitaires de Rennes.
- LEMA (2006). <http://www.lema-project.org/>
- Lhommeau, C. (2014) *MOOC : l'apprentissage à l'épreuve du numérique*. Editions FYP : France.
- Linn, M. C., Davis, E. A., & Bell. P. (2004). Inquiry and Technology. In M.C. Linn, E.A., Davis, & P. Bell (Eds.), *Internet Environments for Science Education* (pp. 3- 28). Mahwah., J: Lawrence Erlbaum Associates.
- Maass, K. (2006). What are modeling competencies?, *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik* 38 (2).
- POLLEN (2006). <http://www.pollen-europa.net/>
- Pomerol, J.-C., Epelboin, Y., Thoury, C. (2014). *Les MOOC. Conceptions, usages et modèles économiques*. Dunod : Paris
- PRIMAS (2010). <http://www.primas-project.eu/>
- OECD (2009). *Assessment Framework. Key competencies in reading, mathematics and science*. Secretary-General of the OECD.
- Rabardel, P. (1995). *Les hommes et les technologies, une approche cognitives des instruments contemporains*. Armand Colin, Paris.
- Rocard M. (2007). *Science education now: a renewed pedagogy for the future of Europe*. European Commission.
- Schupp H. (1988). Anwendungsorientierter Mathematikunterricht in der Sekundarstufe I zwischen Tradition und neuen Impulsen. *Der Mathematikunterricht* 34(6).
- SINUS-transfer (2003). <http://www.sinus-transfer.eu/>
- S-TEAM (2009). <http://www.s-teamproject.eu/>
- Trestini, M., Rossini, I., Cristoffel, E. (2014). Les MOOC en France : perceptions et analyses de professionnels de l'Éducation. *2e colloque international sur les TIC en éducation : bilan, enjeux actuels et perspectives futures*. Montréal : 1er et 2 mai. FUN France Université Numérique (2014) *Enseigner et former avec le numérique en mathématiques*. https://www.france-universite-numerique-mooc.fr/courses/ENSCachan/20007/Trimestre_3_2014/about