

ÉVALUATION EN FORMATION DE PROFESSEURS SUR L'ENSEIGNEMENT DE LA MODELISATION

Richard CABASSUT

PIUFM, Université de Strasbourg, Laboratoire de Didactique André Revuz
richard.cabassut@unistra.fr

Jean-Paul VILLETTE

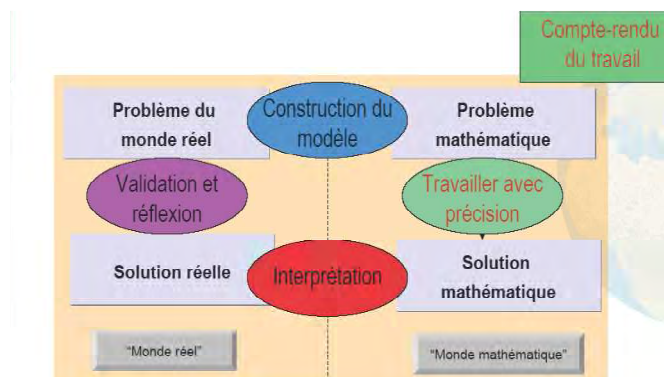
Maitre de conférences, Université de Strasbourg

De 2006 à 2009, une formation pour professeurs d'école a été expérimentée dans différents pays européens pour produire un cours de formation à l'enseignement de la modélisation. Différentes évaluations sont apparues dans ce projet : l'évaluation comme objet de formation des enseignants à travers un module de formation à l'évaluation, sur l'évaluation formative, l'évaluation sommative et la rétroaction ; l'évaluation des élèves à partir d'extraits de vidéos-clip de situations mises en œuvre en classe et à partir de productions écrites des élèves ; une évaluation de la formation avec le journal de l'enseignant formé, les questionnaires (avant et après formation), et des entretiens avec des enseignants formés. La communication vise à présenter ces différentes évaluations. Après avoir rappelé le contexte de cette formation, on décrira d'abord l'évaluation comme objet de formation, tout en incluant dans cette formation des exemples d'évaluation d'élèves. Ensuite on présentera les différentes modalités d'évaluation de la formation et quelques premiers résultats.

I - LE CONTEXTE : LE PROJET LEMA¹

La formation à l'évaluation s'inscrit dans le cadre du projet européen Lema (Adjiage, Cabassut 2007) pour lequel nous rappellerons le cadre théorique adopté et le contexte.

Le cadre théorique adopté² est celui de PISA et définit la modélisation par le cycle de modélisation suivant :



¹ Le projet LEMA (Learning and education in and through modelling) a été cofinancé par l'Union Européenne comme action Comenius 2-1. Des informations se trouvent sur le site www.lemma-project.org. Les situations présentées ici sont directement issues de la documentation proposée en ligne. Le projet a duré d'octobre 2006 à septembre 2009. Les représentants des partenaires du projet sont : Katja Maaß & Barbara Schmidt, University of Education Freiburg, Richard Cabassut, IUFM, Université de Strasbourg, Fco. Javier Garcia & Luisa Ruiz, University of Jaen, Nicholas Mousoulides, University of Cyprus, Anke Wagner, University of Education, Ludwigsburg, Geoff Wake, University of Manchester, Ödön Vancso & Gabriella Ambrus, Eötvös Lorand University, Budapest.

² On trouvera une description plus détaillée et discutée dans (Cabassut 2008 b)

Le projet propose un cours de formation³ de cinq modules répartis sur une période de cinq jours de formation. Le module d'évaluation comprend trois sous-modules, évaluation formative, évaluation sommative et rétroaction, qui peuvent être répartis séparément, en des sessions d'environ deux de formation chacune. Nous allons décrire chacun de ces sous-modules.

II - L'ÉVALUATION FORMATIVE

Les objectifs sont de réfléchir à la façon d'identifier, d'évaluer et d'aider les progrès des élèves en modélisation mathématique. Des questions concernant aussi bien l'évaluation formative que sommative sont soulevées. Les idées force de l'évaluation formative sur lesquelles le module a été conçu sont introduites. Les résultats attendus en fin de module sont de développer des idées sur la façon d'aider les élèves à progresser dans l'apprentissage mathématique, de réfléchir sur la façon d'évaluer formellement la modélisation des élèves en mathématique.

Une première idée est de présenter quelques issues de la recherche sur l'évaluation formative en classe, définie comme l'évaluation qui informe l'enseignant sur les progrès réalisés par les élèves pendant leur travail et utilisés pour aider les élèves à progresser. On s'appuie ici sur le travail de (Black & al. 2002) qui analyse les résultats de plusieurs articles sur l'évaluation parus sur une période de dix ans. On peut, bien entendu, y substituer d'autres recherches. L'objectif principal de leur travail est d'utiliser l'évaluation pour améliorer l'apprentissage des élèves, les pratiques qu'ils ont examinées sont désormais connues sous le nom d'évaluation *pour* l'apprentissage. L'idée essentielle de l'évaluation pour l'apprentissage est que les apprenants comprennent bien ce qu'on leur demande d'apprendre, qu'ils sachent comment évaluer leur propre travail et qu'ils puissent utiliser leur auto-évaluation pour avancer dans leur apprentissage. C'est le but que nous avons dans le contexte de la modélisation mathématique. Il s'agit de partager les objectifs avec différentes pratiques pédagogiques : le questionnement, la rétroaction, l'évaluation par les pairs et l'auto-évaluation, l'utilisation formative de l'évaluation sommative. Présentons des activités de formation correspondantes.

La tâche du géant

La tâche suivante a été proposée à une classe de CM1 française.

Quelle est la taille approchée de la silhouette, dont on peut voir seulement un pied ?

Cette photo⁴ a été prise dans un parc de loisirs.



Pour commencer, on peut demander aux participants de réfléchir à la tâche du géant avant de regarder un vidéo-clip⁵ d'élèves et de leur enseignant traitant de la tâche.

Ces réflexions peuvent porter sur les caractéristiques de la tâche (authenticité, validation expérimentale impossible ...). On peut demander aux enseignants visionnant le clip d'observer si l'enseignant donne du

³ On trouvera une description détaillée de ce cours dans (Cabassut 2008a). Cette description est une proposition et chaque formateur peut organiser et modifier le cours comme il l'entend.

⁴ Photo publiée avec Copyright Richard Phillips 2001/2009 www.problempictures.co.uk

⁵ Le vidéo-clip peut être visionné sur lema-project.org dans la partie « ressources/vidéos »

temps aux élèves pour réfléchir sur le problème avant de commencer à le traiter. C'est souvent important pour les tâches de modélisation : le temps passé à réfléchir peut économiser le temps perdu à des activités ou des idées qui ne mènent à rien. On peut également réfléchir sur les objectifs à partager avec les élèves pour faciliter l'apprentissage. Ces objectifs pourraient être axés sur des aspects particuliers du cycle de modélisation ou une métaconnaissance sur la modélisation, sur des connaissances, compétences ou compréhensions liées au contenu mathématique, sur des façons de travailler – par exemple en groupes avec une évaluation par les pairs. En visionnant le vidéo-clip les enseignants peuvent essayer d'identifier un objectif dans une des catégories précédentes, par exemple : pouvoir trouver des informations utiles lors de la création d'un modèle, apprendre la proportionnalité, ou les changements d'échelle, travailler efficacement comme membre d'un groupe.

1 La rétroaction

Des études ont montré que lorsque les élèves reçoivent les corrigés, ils ne prêtent pas beaucoup d'attention aux observations. La rétroaction doit confirmer aux élèves qu'ils sont sur la bonne voie et des suggestions d'amélioration doivent servir "d'appui" pour les encourager à aller de l'avant.

Une rétroaction orale est plus efficace qu'une rétroaction écrite. On distribue aux enseignants les trois productions suivantes proposées par des élèves pour résoudre la tâche du géant. Les enseignants travaillent en groupes pour discuter des rétroactions qu'ils proposeraient. On peut demander à chaque enseignant d'écrire une note sur une rétroaction qu'il proposerait, puis soumettre sa note à un groupe d'enseignants qui la discutera.

Quelles rétroactions sur les propositions suivantes ?

Groupe 1 :

Dans une première solution, un groupe d'élèves a proposé les hypothèses et la solution suivantes.

Sur la photo, le pied du géant mesure 9cm et le pied de l'homme 1cm. Donc, sur la photo, le pied du géant est 9 fois plus grand que le pied d'un homme.

Le pied d'un homme est environ 30 cm dans la réalité, donc, dans la réalité, le pied du géant est 9 fois plus grand que celui d'un homme soit 270 cm.

Or, sur la photo, l'homme a un pied de 1 cm et sa taille fait 7cm donc il est 7 fois plus grand que son pied.

Le géant a les mêmes proportions pied / hauteur donc sa hauteur est : $7 \times 270 \text{ cm} = 1\,890 \text{ cm}$.

Groupe 2 :

Dans une seconde solution proposée par un autre groupe d'élèves, sur la photo, le pied d'un homme mesure 1 cm et le pied du géant mesure 9 cm donc le pied du géant est 9 fois plus grand que le pied de l'homme.

On suppose que c'est la même proportion pour la hauteur.

Comme un homme mesure environ 180 cm le géant mesurera 9 fois plus soit $9 \times 180 \text{ cm} = 1\,620 \text{ cm}$

Groupe 3 :

Sur la photo, on mesure 1 cm pour le pied du bonhomme et l'homme mesure 7 fois son pied.

Dans la réalité, un pied mesure environ 30cm et une personne environ 180 cm donc dans la réalité un homme est 6 fois plus grand que son pied.

Comment continuer ?

On remarquera que les groupes 1 et 2 débouchent sur des solutions correctes différentes car les hypothèses de départ sont différentes.

Le groupe 3 est bloqué car il a fait des hypothèses qui ne permettent pas d'utiliser le modèle de la proportionnalité. Ses hypothèses ne sont pas incorrectes pour autant : elles sont incompatibles avec ce modèle.

En classe, les rétroactions sur ces solutions d'élèves permettent de travailler la différence entre données (imposées par l'énoncé) et hypothèses (choisies par celui qui recherche une solution). Elles montrent aussi la possible variété des modèles et des solutions et permettent une réflexion sur la validité des solutions.

2 Questionnement

Les enseignants vont maintenant réfléchir à des idées-forces sur le questionnement, particulièrement important pour mettre en valeur les stratégies de résolutions de problèmes en ne se concentrant pas uniquement sur le contenu mathématique. Les participants peuvent d'abord réfléchir à la façon dont l'enseignant du vidéo-clip a débuté la leçon en permettant à ses élèves de réfléchir à leur propre problème. On peut se concentrer sur des questions réellement utiles et éviter les questions qui n'exigent qu'un rappel de connaissance. On peut par exemple utiliser un langage qui entrouvre des possibilités : Pourquoi pensez-vous que... ? Pouvez-vous expliquer.....? Pensez-vous qu'il y ait d'autres approches ?...

Le temps d'attente – le temps entre le moment où l'enseignant pose une question et le moment où il rompt le silence si l'élève ne répond pas immédiatement – est en moyenne inférieur à une seconde. Dans (Black & al 2002) des enseignants témoignent : « le temps de pause qui suit une question est parfois insupportable ». Lorsqu'on travaille avec la classe entière (et parfois avec des petits groupes d'élèves), il est difficile de laisser de longs moments de réflexion aux élèves. Lorsqu'on travaille avec des petits groupes, une stratégie consiste à poser la question puis à s'éloigner pour aller s'occuper d'un autre groupe. Un autre témoignage d'enseignant (Ibidem) confirme l'importance du questionnement : « Ce n'est que lorsque vous avez analysé votre façon de questionner que vous réalisez combien elle est limitée. ...Lorsqu'on parle à des élèves, particulièrement ceux qui éprouvent des difficultés, il est important de leur poser des questions qui les font réfléchir au thème abordé et leur permettront de passer à l'étape suivante du processus d'apprentissage. » On peut suggérer des questions encourageant la réflexion de l'élève et facilitant la discussion :

« Que pensez-vous de l'approche de Julie ? » « Quelles sont les autres hypothèses que vous devez faire ? » « Êtes-vous d'accord avec cela ? » « Pourquoi ? » ou « Pourquoi pas ? » « Thomas a dit ... et Roxane a pensé ... Comment peut-on joindre ces idées ? »

Une des stratégies permettant de s'assurer que le questionnement donne du temps aux élèves pour contribuer de façon significative, est d'utiliser l'approche « réfléchir-partager-discuter ». Elle permet à chaque élève d'avoir du temps pour réfléchir à sa propre réponse avant d'en discuter avec un camarade et finalement avec le groupe. On peut demander aux participants s'ils voient d'autres stratégies qu'ils pourraient utiliser pour s'assurer de donner du temps aux élèves afin de réfléchir aux questions qu'ils posent dans leurs classes. On peut à cette occasion visionner les parties du vidéo-clip montrant les élèves en train de travailler et présenter leur travail.

3 Évaluation par les pairs et auto-évaluation

L'évaluation par les pairs peut être une condition préalable à l'auto-évaluation et peut nécessiter une collaboration et une assistance. Pour aider les élèves à développer leurs aptitudes d'auto-évaluation, il est souvent utile qu'ils travaillent d'abord avec leurs camarades pour évaluer leurs travaux respectifs. Ceci leur permet de développer des aptitudes de réflexion critique sur le travail des autres élèves en leur donnant les possibilités de voir différentes réponses. Par ailleurs, les pairs font souvent très attention à ne pas donner des rétroactions critiques les uns aux autres lorsque l'enseignant leur demande. Ils sont aussi souvent très sensibles aux rétroactions critiques des autres – et peut-être davantage qu'à celles de leur enseignant !

Les critères d'évaluation des résultats de l'apprentissage doivent être transparents pour les élèves.

Les élèves ont besoin d'avoir des modèles de travail qui répondent aux critères - par exemple des travaux d'élèves (anciens ou actuels). Pour promouvoir l'évaluation par les pairs (puis l'auto-évaluation), une des stratégies à utiliser par les enseignants consiste à demander à des groupes de choisir dans le travail d'un autre groupe, l'aspect qui leur paraît le plus intéressant, d'identifier un aspect qui peut être amélioré et de suggérer comment le faire. Les participants peuvent essayer de le faire en utilisant le travail des élèves qu'ils ont déjà vu. On peut demander aux participants de suggérer d'autres stratégies et les discuter.

Le thème final de l'Évaluation pour l'apprentissage est de réfléchir à la manière d'utiliser l'évaluation sommative de façon formative. Ce thème sera travaillé dans le module sur l'évaluation sommative.

Pour terminer ce sous-module sur l'évaluation formative, une discussion plénière permet de revenir sur les objectifs et les résultats de ce sous-module pour vérifier s'ils ont été atteints.

On invite également les participants à utiliser leur journal d'enseignant pour réfléchir à cette session et pour étudier comment son enseignement reflète déjà les pratiques de l'Évaluation pour l'apprentissage et comment celles-ci sont liées en particulier aux leçons de modélisation mathématique. On notera que cette pratique d'analyse de ses pratiques professionnelles d'enseignement ou de formation par une autoréflexion à l'aide d'un journal de l'enseignant a reçu peu d'écho en France, alors qu'elle est culturellement mieux acceptée dans d'autres pays comme l'Angleterre.

Lorsque la formation à l'évaluation permet un retour en classe entre différentes sessions de formation, on invite les participants à traiter avec leurs élèves des tâches⁶ de modélisation pour rassembler des travaux écrits d'élèves qui pourront être utilisés comme objets d'études dans le module sur l'évaluation sommative.

III - L'ÉVALUATION SOMMATIVE

Ce module se concentre sur la question importante de savoir comment les enseignants et les apprenants peuvent évaluer leur travail. Les enseignants sont invités à réfléchir sur la façon dont ils pourraient le faire en se référant avec précaution au cycle de modélisation.

Les objectifs sont de réfléchir comment les apprenants développent leurs compétences en modélisation, évaluer la modélisation des apprenants. Les résultats attendus en fin de module sont la production d'un ensemble de critères qui permettront de juger les solutions des apprenants aux tâches de modélisation.

Il existe deux possibilités : les participants ont eu l'occasion de travailler avec des élèves sur une tâche de modélisation depuis le dernier sous-module et ont rapporté des productions écrites d'élèves, ou bien ils n'en ont pas eu la possibilité et dans ce dernier cas il faudra fournir quelques travaux d'élèves. Voici par exemple une ressource possible.

Exemple de tâche : promenade en ballon.

Les deux classes de CM2 iront visiter Europapark mercredi à 14h. Tous les élèves voudraient monter en même temps dans le manège "Le vol d'Icare".

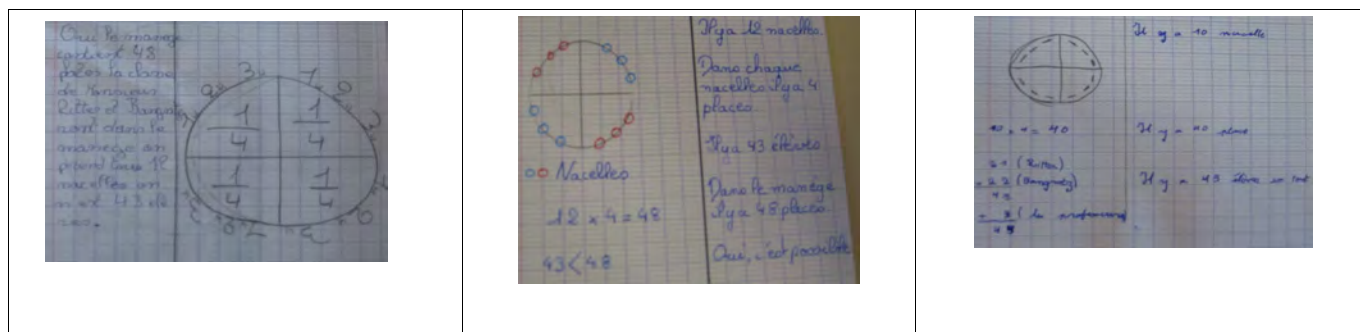
Est-ce possible ?

Photo capturée sur le site <http://www.eprust.com>



⁶ Il est possible de télécharger un livret de tâches sur lema-project.org dans la rubrique ressources/professeurs.

Voici des productions d'élèves.



Une activité de formation peut être déroulée avec les étapes suivantes.

Individuellement chaque enseignant examine les solutions des élèves en repérant les critères d'une bonne solution et d'une solution pas très bonne. Ensuite par paires, il faut ranger les solutions par ordre en commençant par les moins bonnes. Enfin en groupes, il faut établir une liste des différents aspects du travail des élèves considérés importants pour son évaluation.

Le tableau suivant illustre quelques réponses d'enseignants : les enseignants ont traité la tâche ci-dessus et deux groupes ont établi les listes de ce qu'ils considèrent important dans le travail de leurs élèves. On peut le cas échéant les utiliser pour motiver ou donner quelques idées aux participants.

Notez que les suggestions de l'équipe A sont beaucoup plus centrées sur les méthodes "traditionnelles" de travail en mathématiques alors que l'équipe B se concentre plus précisément sur le cycle de modélisation. Par conséquent, les suggestions de l'équipe B peuvent constituer un meilleur point de départ pour le développement de critères d'évaluation de la modélisation.

Equipe A	Equipe B
Instruction pour l'évaluation des tâches sous limite de durée : - ont-ils compris le problème ? - ont-ils expliqué ce qu'ils ont fait ? - ont-ils une méthode valide, appropriée aux maths ? - ont-ils précisé les hypothèses faites ? - ont-ils suivi correctement la méthode ? - ont-ils regardé de différents points de vue du problème ? - ont-ils donné une conclusion et sélectionné leurs réponses ? - ont-ils essayé d'étendre le problème ?	Critères d'évaluation : Montrer du travail. Montrer une progression logique/raisons d'un calcul. Ne pas mélanger les unités. Mettre des unités aux réponses. Essayer toutes les options ou montrer de la logique en essayant d'éviter toutes les options. Établir les conjectures/hypothèses faites. Écrire sa conclusion. Répondre à ma question.

Une autre activité de formation consiste à identifier parmi les critères ceux qui sont spécifiques à une tâche de modélisation et ceux qui sont transférables à n'importe quelle tâche. On peut engager une brève discussion sur la façon dont les critères généraux d'évaluation de la modélisation doivent pouvoir

permettre des critères spécifiques pour certaines tâches et/ou ne pas s'appliquer à toutes les tâches. Par exemple, les élèves peuvent utiliser les TIC dans certaines tâches et pas dans d'autres : comment devons-nous en tenir compte en établissant des critères d'évaluation ?

Les participants ont peut-être déjà fait référence au cycle de modélisation en organisant leurs critères d'évaluation. Si ce n'est pas le cas, on peut suggérer de commencer à y réfléchir.

Une activité de formation consiste à développer, en groupes, des descripteurs qualité suivant les cinq sous-compétences de modélisation du cycle de modélisation : construire un modèle, travailler avec précision, interpréter, valider et réfléchir, rendre compte. Chaque sous-compétence est imaginée avec quatre niveaux de perfectionnement. Parmi les critères, on identifiera ceux qui sont liés spécifiquement à une tâche (s'ils existent) et ceux qui peuvent s'appliquer à n'importe quelle tâche. La grille d'évaluation suivante peut être utilisée partiellement pour faire comprendre la production attendue, et totalement pour la suite afin que chacun travaille sur la même grille d'évaluation.

Construction d'un modèle	Travailler avec précision	Interprétation	Validation et réflexion	Compte-rendu
Les élèves ont besoin d'aide pour simplifier la situation.	Les élèves ont besoin d'aide en mathématiques et ne travaillent pas toujours avec précision.	Les élèves éprouvent des difficultés et ont besoin de beaucoup d'aide pour interpréter la situation.	Les élèves ne réfléchissent pas à la validité de leur modèle.	Les élèves ne sont pas capables de rendre compte de leur travail de façon satisfaisante.
Les élèves peuvent trouver et utiliser les informations nécessaires pour simplifier certaines parties d'une situation complexe.	Les élèves peuvent identifier les principes mathématiques à utiliser et résoudre certaines parties du problème mais pas toujours avec précision.	L'aide apportée aux élèves (par exemple en posant les questions appropriées) leur permet d'interpréter la situation.	Les élèves sont conscients de la validité de certains aspects de leurs modèles mais pas de tous.	Avec de l'aide et des indications, les élèves sont capables d'établir un compte-rendu satisfaisant de leur travail.
Les élèves peuvent utiliser un ensemble d'informations pour simplifier une situation.	Les élèves sont capables de résoudre la tâche indépendamment en se servant correctement des mathématiques mais tous les résultats ne sont pas bons.	Les élèves peuvent interpréter la situation mais de façon superficielle.	Les élèves réfléchissent de façon critique sur de nombreux aspects de leur modèle en comprenant ses limitations.	Les élèves sont capables d'établir de façon indépendante un bon compte-rendu de leur travail.
Les élèves prennent les bonnes décisions qui leur permettent de simplifier une situation complexe.	Les élèves utilisent avec précision le langage et les symboles mathématiques.	Les élèves interprètent totalement la situation de façon approfondie.	Les élèves ont une bonne compréhension critique de la validité et des limitations de leur modèle.	Les élèves produisent un compte-rendu exhaustif de leur travail.

Une autre activité de formation consiste à utiliser une grille d'évaluation pour évaluer le travail d'un élève. On peut commencer par un travail par paire, chacun annotant un travail puis échangeant la copie annotée et finalement un accord est recherché pour une évaluation commune de la copie.

La tâche demande aux participants de travailler deux par deux pour voir si les critères d'évaluation qu'ils ont imaginés (ou ceux fournis) sont faciles ou difficiles à utiliser. Les participants doivent noter tous les aspects du cycle de modélisation et ne pas juste se concentrer sur des aspects des mathématiques liés précisément au travail. Ils doivent s'attendre à certaines différences d'opinions au départ. Il est important de noter et de rechercher ensemble des normes communes acceptées lorsque les enseignants commencent à évaluer un travail de ce type. Nous sommes habitués en mathématiques à des méthodes plus "fiables" de notation, purement basées sur le fait de savoir si les solutions des élèves sont correctes ou pas. Il faut encourager les participants à ne pas craindre d'adopter une notation qui soit plus subjective, ce qui est plus fréquemment le cas avec des enseignants du primaire.

En discussion plénière, on pourra y aborder les questions suivantes :

- Quelles questions sont apparues en évaluant le travail de modélisation des élèves ?
- Comment évaluerez-vous la modélisation des élèves dans votre classe ou école ?
- Comment donner une note ou une annotation ?
- Pouvons-nous utiliser nos grilles d'évaluation pour aider l'évaluation formative et sommative ?

La première question va probablement inviter les participants à réfléchir à leurs préoccupations concernant l'évaluation. Il est important d'encourager les participants à tenter de le faire avec leurs élèves : les élèves eux-mêmes ont l'habitude d'être notés d'une façon similaire dans d'autres matières. Peut-être que l'hésitation sera du côté de l'enseignant – pas de l'élève. La seconde question demande aux participants de réfléchir à tous les problèmes que ce type d'évaluation peut soulever pour eux dans le cadre de leur école. On peut s'appesantir sur l'avant-dernière question qui se rapporte à la manière dont nous pouvons donner des notes ou des classements. Une façon d'y parvenir est d'ajouter des notes se référant aux niveaux de compétence dans la grille d'évaluation. Plus la note est élevée, meilleur est le travail fourni. Cette utilisation des notes est souvent employée lorsque la modélisation est évaluée dans le cadre d'une évaluation externe de qualifications. La question finale nous amène à un des thèmes de l'Évaluation pour l'apprentissage – L'utilisation formative de l'évaluation sommative. Les participants pourront certainement apprécier qu'en raison de la façon dont ils ont été obtenus, les descripteurs qualité sont très utiles pour nous permettre d'aider les apprenants à améliorer leur modélisation. Voici quelques questions qu'on peut utiliser pour provoquer la discussion :

- les thèmes d'évaluation (sous-compétences) ont-ils tous une importance égale ?
- les critères d'évaluation peuvent-ils être utilisés pour évaluer un travail non écrit comme un compte-rendu de groupe réalisé au moyen d'un rétroprojecteur ?
- y a-t-il d'autres domaines à évaluer ?

Le module se termine par une discussion plénière examinant l'atteinte des objectifs, des résultats et le renseignement du journal de l'enseignant.

IV - EVALUATION PAR RETROACTION

Ce sous-module va permettre aux enseignants de réfléchir à deux questions importantes liées à leurs pratiques quotidiennes de l'évaluation en classe :

- Comment donner une rétroaction aux élèves lorsqu'on travaille sur des tâches de modélisation (ceci exige une réflexion approfondie car la modélisation est un processus beaucoup plus complexe que certaines des activités, sinon la plupart, qui se passent en classe de mathématique) ?
- Comment impliquer les élèves dans des pratiques d'auto-évaluation et d'évaluation par les pairs en modélisation ?

Ce sous-module peut comporter deux sessions, les enseignants travaillant avec leurs élèves entre les sessions.

La première session travaille sur des tâches de modélisation : la tâche de « la fête de l'école » et celle de « la course » qui seront décrites plus loin. Au cours de ce travail l'accent est mis sur la rétroaction. Des directives sommaires pour donner des rétroactions aux élèves sont produites. La seconde session vise à réfléchir sur le travail en classe et la rétroaction à donner d'une part, et à réfléchir à la manière d'impliquer les élèves dans l'évaluation de leur travail d'autre part. Les objectifs du module sont de réfléchir à la rétroaction à donner aux élèves en tant qu'enseignant, de manière formelle ou lorsqu'ils exécutent en groupes des tâches de modélisation (session 1) et de réfléchir à des stratégies qui encouragent l'apprentissage de l'auto-évaluation chez les élèves (session 2). Le résultat attendu est la production d'un ensemble de directives destinées aux enseignants leur indiquant comment donner une rétroaction aux élèves qui exécutent des tâches.

1 Rétroaction écrite

La première activité de formation rappelle que selon une étude effectuée par Butler en 1988, les élèves se concentrent uniquement sur leurs notes et ne lisent pas les observations de l'enseignant sur la façon d'améliorer leur travail. Ce sont naturellement ces observations qui donnent aux élèves les informations dont ils ont besoin pour améliorer leur modélisation mathématique. On propose aux enseignants, par paire, de reprendre le travail d'un élève qu'ils ont noté, et de réfléchir à la façon de donner une rétroaction écrite et à l'aide que peut apporter ici la grille d'évaluation. Pour cette tâche, les participants devraient apporter le travail des élèves qu'ils ont utilisé pendant le sous-module de l'évaluation sommative, sinon on utilisera quelques travaux d'élèves proposés précédemment. Au cours de cette activité, les participants réfléchissent à la rétroaction écrite qui peut être donnée pour permettre aux élèves de progresser. Il est important d'encourager les participants à bien réfléchir sur la façon de donner une rétroaction qui se concentre sur tous les aspects de la modélisation : il est utile pour ce faire d'utiliser les idées développées dans le sous-module précédent sur l'évaluation sommative. Les critères développés ici doivent servir de guide pour les étapes progressives à franchir par les élèves dans une sous-compétence donnée. On peut instaurer une discussion plénière sur les questions soulevées lorsque les participants travaillent deux par deux.

2 Rétroaction orale

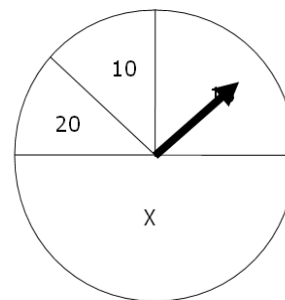
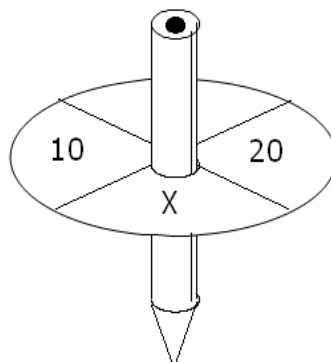
Dans la partie suivante de la session, les participants vont réfléchir à la meilleure manière de donner une rétroaction verbale lorsque des groupes exécutent des tâches de modélisation. Pour cela, les participants vont travailler sur deux activités en se répartissant les rôles d'élève (apprenant), d'enseignant ou d'observateur. Ils vont discuter sur les problèmes liés à la façon de donner une rétroaction aux élèves et dresser un résumé de leurs idées (qui leur servira éventuellement pour travailler entre les sessions 1 et 2).

La tâche est la suivante.

La fête de l'école – jeux de hasard.

Voici deux objets à tourner que vous pouvez utiliser pour un jeu de hasard dans une fête d'école.

Si vous deviez diriger le jeu, comment pourriez-vous réaliser des gains ?



Notez que, dans chaque diagramme, une des valeurs est partiellement obscurcie : Ceci devrait permettre aux élèves d'explorer des idées du type « et si.... » dès le début. Bien que la tâche ne soit pas destinée aux écoles primaires, elle doit être utilisée par les enseignants du primaire afin qu'ils se mettent dans la position de l'apprenant. On remarquera que les règles du jeu et la manière d'utiliser les objets tournants sont à définir au cours des échanges.

Les apprenants vont travailler sur la tâche en groupe et présenter une ou plusieurs solutions sous la forme d'un poster. Ils devront respecter les règles de base suivantes : ne parler qu'un seul à la fois ; échanger des idées et s'écouter les uns les autres ; s'assurer que les gens vous écoutent ; mettre en question les opinions mais les respecter ; construire à partir des erreurs ; essayer de s'accorder à la fin.

L'enseignant encourage les élèves à un certain moment à valider leur propre jeu (ou leurs explorations des jeux suggérés à une étape précédente). Tout au long de la tâche, il doit clarifier l'objectif de la tâche, rappeler constamment les « règles de base », écouter avant d'intervenir, participer sans juger, demander aux apprenants de décrire, expliquer et interpréter, ne pas réfléchir à la place des élèves, ne pas avoir peur de laisser les discussions sans solution. Dans chaque groupe, il y aura un enseignant spécialement désigné pour donner une rétroaction aux élèves du groupe – celui-ci devra néanmoins circuler pour voir le travail des autres groupes sans donner de rétroaction à ceux-ci. Ceci servira pour chaque groupe à simuler l'effet d'un seul enseignant travaillant dans une classe avec plusieurs groupes. Ainsi bien qu'il y ait plusieurs « enseignants » dans la salle, chaque groupe n'aura qu'un seul « enseignant », simulant la réalité aux élèves. Comme dans une vraie classe, les « enseignants » découvriront des groupes d'élèves dont la manière de travailler pourrait aider les autres groupes : ils devront décider de ce qui est à faire.

Dans chaque groupe, l'observateur doit prendre des notes sur le déroulement du traitement de la tâche par les « élèves » et sur l'interaction entre l'« enseignant » et les « élèves ». Il dirigera plus tard la discussion de son groupe. On poursuit avec une autre tâche et le même protocole en changeant de rôles (sauf pour le rôle des élèves qui sont trop nombreux pour changer tous de rôle).

Ensuite, on discute dans chaque groupe dirigé par un observateur des différentes expériences. Il est important de distinguer le point de vue de l'enseignant et celui de l'élève. Les discussions doivent être centrées sur la rétroaction et les interventions de l'enseignant. S'il le désire, le groupe peut commencer par un bref récapitulatif de ce qui s'est passé au cours d'une des tâches. On peut réfléchir au degré de réflexion mathématique des élèves – son importance et son niveau, puis à la façon dont les interventions de l'enseignant ont modifié le sens et l'objectif de l'apprentissage des élèves, à ce qu'ont ressenti les élèves, à ce qu'a ressenti l'enseignant, à sa façon de réagir aux observations des élèves. Puis on établira quelques directives destinées aux enseignants pour leur indiquer comment intervenir et donner une rétroaction lorsqu'ils travaillent avec des groupes d'élèves sur des tâches de modélisation.

Voici quelques questions pour aborder la discussion :

- Comment l'enseignant peut-il encourager la réflexion de tous les élèves en s'assurant qu'ils puissent tous contribuer au travail du groupe ?
- De quelle manière l'enseignant peut-il intervenir pour encourager le groupe à poursuivre les discussions qu'il a engagées ?

On termine la session par une discussion plénière examinant l'atteinte des objectifs, des résultats et le renseignement du journal de l'enseignant.

3 Évaluation par les pairs et auto-évaluation

La seconde session concerne l'évaluation par les pairs et l'auto-évaluation. Au cours de cette session, les participants auront la possibilité de réfléchir aux stratégies qu'ils peuvent utiliser pour impliquer les élèves à évaluer les travaux des uns des autres en modélisation et les encourager ainsi à évaluer et réfléchir de façon critique sur leur propre travail. Les objectifs consistent à réfléchir à des stratégies qui encouragent l'apprentissage de l'auto-évaluation chez les élèves. Les résultats sont l'élaboration de directives destinées aux enseignants pour leur indiquer comment ils peuvent ainsi que leurs élèves évaluer un travail et leur donner des conseils pour améliorer certains aspects de la modélisation.

On propose la tâche de la course inspirée de (Petit 2006) :

Dans la cour de récréation il y a deux arbres, un petit et un grand, et un mur. On organise une course : chaque élève part du petit arbre; il va toucher le mur; puis il doit toucher le grand arbre ; enfin il retourne toucher le petit arbre. Où toucher le mur pour être le plus rapide ?

Les participants imaginent qu'ils utilisent cette tâche en classe et discutent un petit moment sur les défis que ceci pose. Il est possible de faire l'expérience réelle de la course. Les élèves sont ainsi impliqués dans le travail pratique de collecte des données pour bien comprendre le problème. On peut s'aider du compte rendu de (Petit 2006). L'intérêt de la situation est que, sous certaines hypothèses, il est possible de montrer qu'une solution de minimum est fausse en donnant un contre-exemple. Les pairs peuvent donc demander des justifications à un raisonnement ou proposer un contre-exemple. Une discussion peut porter sur une bonne façon de procéder pour ce problème de modélisation en particulier ou en général.

On peut s'interroger de quelle manière les conclusions des participants sont liées aux critères précédemment proposés pour évaluer la compétence « construire un modèle » :

- Les élèves ont besoin d'aide pour simplifier la situation.
- Les élèves peuvent trouver et utiliser les informations nécessaires pour simplifier certaines parties d'une situation complexe.
- Les élèves peuvent utiliser un ensemble d'informations pour simplifier une situation.
- Les élèves prennent les bonnes décisions qui leur permettent de simplifier une situation complexe.

On peut suggérer aux enseignants de demander aux élèves, lorsqu'ils utiliseront la tâche en classe, de commencer à traiter le problème puis de réfléchir eux-mêmes à ces questions avec chaque groupe d'élèves en examinant pour ce faire le travail d'un autre groupe. Les enseignants peuvent demander à des groupes d'élèves de suggérer à d'autres groupes une manière d'améliorer leur travail. C'est un aspect important de la rétroaction qui, en plus d'examiner la qualité du travail, a également besoin de se focaliser sur la façon de l'améliorer. Et c'est en vérité ce à quoi les élèves doivent s'attendre. Ils ont besoin de travailler au sein d'une communauté d'entraide où chacun est concerné par la manière dont tous les membres de la classe peuvent progresser. Ceci peut être bien souligné au début de l'évaluation par les pairs. L'approche qui vient d'être suggérée, à savoir mettre l'accent sur un seul aspect de la modélisation, peut être répétée avec d'autres aspects. Les élèves, par exemple, lors des premières modélisations, éprouvent souvent des difficultés à interpréter les résultats de leur travail. De même, ils peuvent ne pas être habitués à résumer leur façon de procéder mathématique. On peut donc demander à des groupes

d'élèves de proposer des conseils à d'autres groupes sur la façon d'améliorer certains aspects de leur travail.

Pour impliquer les élèves dans l'évaluation par les pairs et l'auto-évaluation, on peut demander à des groupes de participants de réaliser un poster indiquant comment les enseignants peuvent impliquer les élèves dans l'auto-évaluation et l'évaluation par les pairs. On peut les afficher et les utiliser pour générer une discussion avec l'ensemble du groupe. Certains pourront noter dans leurs journaux d'enseignant les points soulevés lors des discussions.

On termine la session par une discussion plénière examinant l'atteinte des objectifs, des résultats et le renseignement du journal de l'enseignant.

V - L'EVALUATION DE LA FORMATION.

1 Le journal de l'enseignant

Un aspect important de la conception du cours a été d'incorporer un journal de réflexion pour les enseignants. Cela leur permet de réfléchir à mesure qu'ils avancent dans le cours sur les problèmes qui surgiront. Souvent, le journal de réflexion propose un espace pour les enseignants pour examiner et planifier comment ils pourraient intégrer la modélisation dans leurs leçons ; dans ce cas, les enseignants sont encouragés à écrire quelques mots sur leurs expériences et celles résultant de leurs élèves. On peut encourager les participants à partager leurs réflexions à l'occasion. Par exemple, si les enseignants ont planifié et utilisé une approche suggérée dans un sous-module, on peut demander s'ils sont prêts à partager leurs expériences et leurs réflexions au début d'une session ultérieure. Cette analyse de ses pratiques professionnelles d'enseignement et de formation rappelle l'auto-évaluation que l'on a souhaité développer chez les élèves.

2 Questionnaires et entretiens

Pour mesurer l'effet de la formation sur les enseignants, des questionnaires ont été proposés aux enseignants en début puis en fin de formation. Trois enseignants ont participé à un entretien, six mois après la formation, pour en discuter les effets. Ces entretiens n'ont pas encore été analysés.

Les questionnaires contenaient différentes parties sur les croyances mathématiques, les croyances sur la capacité à enseigner la modélisation, l'intérêt pour la modélisation et des données biographiques.

2 Vous 2.1 Sexe masculin féminin 2.2 Age [] années 2.3 Avez-vous étudié au niveau universitaire les mathématiques, avant la formation professionnelle de professeur ? oui non 2.4 A la fin de cette année scolaire, combien d'années aurez-vous enseigné ? [] années 2.5 Dans quel type d'école enseignez-vous (maternelle, élémentaire, collège, lycée ...)? []	3 Votre intérêt pour une formation d'enseignant à la modélisation Votre opinion sur la participation à une formation d'enseignant à la modélisation : <table border="1"> <tr> <td>Je participe régulièrement à une formation d'enseignant à la modélisation</td> <td>☐</td> </tr> <tr> <td>Je ne suis pas intéressé pour participer à une formation d'enseignant à la modélisation</td> <td>☐</td> </tr> <tr> <td>Je pourrais être intéressé pour participer à une formation d'enseignant à la modélisation</td> <td>☐</td> </tr> <tr> <td>Je suis définitivement intéressé pour participer à une formation d'enseignant à la modélisation et je m'inscrirai dès que possible</td> <td>☐</td> </tr> </table> 4 Modélisation Que vous ayez ou non déjà entendu parler de ou été formé à la modélisation mathématique, cela n'a pas d'importance ici. Nous souhaitons simplement connaître votre opinion en ce moment. Quelles caractéristiques ont les tâches de modélisation? <table border="1"> <tr> <td>Je ne peux pas citer de caractéristiques des tâches de modélisation</td> <td>☐</td> </tr> <tr> <td>J'ai une vague idée à propos des caractéristiques des tâches de modélisation mais je ne peux en citer aucune.</td> <td>☐</td> </tr> <tr> <td>Je connais les caractéristiques des tâches de modélisation et je vais les citer ci-dessous.</td> <td>☐</td> </tr> </table>	Je participe régulièrement à une formation d'enseignant à la modélisation	☐	Je ne suis pas intéressé pour participer à une formation d'enseignant à la modélisation	☐	Je pourrais être intéressé pour participer à une formation d'enseignant à la modélisation	☐	Je suis définitivement intéressé pour participer à une formation d'enseignant à la modélisation et je m'inscrirai dès que possible	☐	Je ne peux pas citer de caractéristiques des tâches de modélisation	☐	J'ai une vague idée à propos des caractéristiques des tâches de modélisation mais je ne peux en citer aucune.	☐	Je connais les caractéristiques des tâches de modélisation et je vais les citer ci-dessous.	☐
Je participe régulièrement à une formation d'enseignant à la modélisation	☐														
Je ne suis pas intéressé pour participer à une formation d'enseignant à la modélisation	☐														
Je pourrais être intéressé pour participer à une formation d'enseignant à la modélisation	☐														
Je suis définitivement intéressé pour participer à une formation d'enseignant à la modélisation et je m'inscrirai dès que possible	☐														
Je ne peux pas citer de caractéristiques des tâches de modélisation	☐														
J'ai une vague idée à propos des caractéristiques des tâches de modélisation mais je ne peux en citer aucune.	☐														
Je connais les caractéristiques des tâches de modélisation et je vais les citer ci-dessous.	☐														

5 Votre représentation des mathématiques					
5.1.1 Pour chacune des affirmations suivantes concernant les mathématiques à l'école dans vos leçons, marquez d'une croix X votre degré d'adhésion					
Mathématiques à l'école dans mes leçons de mon point de vue d'enseignant	Fortement pas d'accord				Fortement d'accord
5.1.1 Les mathématiques à l'école sont un ensemble de procédures et de règles qui déterminent précisément comment une tâche est résolue	☐	☐	☐	☐	☐
5.1.2 Les mathématiques à l'école sont très importantes pour le vie future des élèves	☐	☐	☐	☐	☐
5.1.3 Les aspects centraux des mathématiques de l'école sont le formalisme parfait et la logique formelle	☐	☐	☐	☐	☐
5.1.4 Les mathématiques de l'école aide à résoudre les tâches et les problèmes quotidiens	☐	☐	☐	☐	☐
5.1.5 Les mathématiques de l'école sont caractérisées par la rigueur – rigueur en relation avec les définitions et une rigueur formelle de l'argumentation mathématique	☐	☐	☐	☐	☐
5.1.6 Les aspects essentiels des mathématiques à l'école sont sa rigueur logique et sa précision, c'est-à-dire "la pensée objective"	☐	☐	☐	☐	☐
5.1.7 Faire des mathématiques à l'école implique des pensées innovantes et des idées nouvelles	☐	☐	☐	☐	☐
5.1.8 Les mathématiques sont d'une utilité générale et fondamentale pour la société	☐	☐	☐	☐	☐
5.1.9 Les caractéristiques des mathématiques de l'école sont la clarté, l'exactitude et la non ambiguïté	☐	☐	☐	☐	☐
5.1.10 Les mathématiques de l'école aident à comprendre des phénomènes de différents domaines de la société	☐	☐	☐	☐	☐
5.1.11 Si les élèves s'attaquent à des problèmes mathématiques, ils peuvent souvent découvrir quelque chose de nouveau (liens, règles et notions)	☐	☐	☐	☐	☐

7 Que pensez-vous à propos des leçons?	
Les affirmations ci-dessous décrivent des situations pertinentes pour l'enseignement avec une approche par la modélisation. Pour chaque situation veuillez évaluer combien vous êtes certain de pouvoir les gérer efficacement. Évaluez votre degré de confiance en indiquant un nombre entre 0 et 100 en utilisant le barème ci-dessous:	
0	100
Pas confiance pour le faire	Grande confiance pour le faire
Confiance (0 – 100)	
71.1	Je me sens capable d'adapter les tâches et les situations des manuels pour créer des problèmes ouverts réalistes.
7.1.2	Je me sens capable de faire la distinction entre les tâches de modélisation et d'autres tâches basées sur la réalité
7.1.3	Je me sens capable de concevoir mes propres tâches de modélisation
7.1.4	Je me sens capable de donner une rétroaction verbale efficace à des groupes et des élèves, afin de les aider à modéliser.
7.1.5	Je me sens capable de sélectionner des tâches convenant à une approche de modélisation dans l'enseignement.
7.1.6	Je me sens capable de concevoir des leçons de modélisation qui aident les étudiants à surmonter les difficultés dans toutes les étapes de modélisation (par exemple les problèmes de validation)
7.1.7	Je me sens capable de développer des critères détaillés (liés au processus de modélisation) pour l'évaluation et la notation des solutions des élèves aux problèmes de modélisation

On a procédé à une analyse exploratoire des données au moyen d'une analyse factorielle à correspondances multiples. Les réponses aux questionnaires avant formation sont les variables actives tandis que les réponses aux mêmes questionnaires après la formation sont considérées comme variables illustratives. Les variables actives permettent, à l'aide d'une classification hiérarchique ascendante ou analyse en classes, de distinguer quatre classes d'enseignants, dépendant des croyances mathématiques et du niveau de confiance dans l'enseignement de la modélisation. Après la formation, on observe un accroissement du niveau de confiance, qui ne devient plus une variable discriminante pour certaines classes. Les variables sur les croyances mathématiques ne sont plus aussi discriminantes. La formation semble donc avoir homogénéisé ou modéré les croyances et les niveaux de confiance. Pour une analyse plus fine des résultats, on renvoie à (Cabassut, Villette 2011).

VI - CONCLUSION

Les exemples précédents montrent qu'il ne faut pas limiter l'évaluation à la seule évaluation sommative et bien valoriser l'évaluation formative et la rétroaction. Il est également essentiel d'intégrer le plus possible la formation à l'évaluation dans tout dispositif de formation, ici une formation à l'enseignement de la modélisation, en distinguant ce qui est spécifique au domaine de formation, et ce qui est générique. Pour ce qui est de la modélisation, la prise en compte de critères extra-mathématiques marque une spécificité de la modélisation (Cabassut 2008b). Le développement d'activités interdisciplinaires, dont la modélisation peut être une approche, commande un renouvellement des pratiques d'évaluation centrées sur une discipline : la formation des enseignants joue alors un rôle clé dans le renouvellement des pratiques d'évaluation. L'apparition de la préoccupation de l'évaluation est également un signe de la transposition didactique de la modélisation : la modélisation devient un objet qui quitte la sphère des objets para-mathématiques pour devenir objet à enseigner, et donc à évaluer.

Nous avons également illustré l'évaluation d'une formation. Bien souvent les conditions de suivi des enseignants et la complexité des variables en jeu rendent difficiles cette évaluation. Le dispositif d'analyse exploratoire proposé essaie d'intégrer cette difficulté. Mais l'évaluation de la formation des enseignants reste une question vive pour la recherche.

VII - BIBLIOGRAPHIE

BLACK, P., HARRISON, C., MARSHALL, B. and WILLIAM, D. (2002) *Working inside the Black Box: Assessment for Learning in the Classroom*. London: NFER Nelson.

Butler, R. (1988) Enhancing and undermining intrinsic motivation; the effects of task-involving and ego-involving evaluation on interest and performance. *British journal of educational psychology* 58, 1-14.

CABASSUT R. (2006) Exemples de modélisation à l'école primaire allemande : quels enjeux pour la formation des maîtres? *Actes du 33e colloque Copirelem*. Dourdan.

ADJAGE R., CABASSUT R. (2007) La modélisation dans une perspective de formation et d'enseignement. *Actes du 34e colloque Copirelem*, Troyes.

CABASSUT R. (2008a) Problèmes dans un exemple de formation continue à la modélisation. *Actes du 35e Colloque Copirelem*. Bombannes.

CABASSUT R. (2008b) 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.

CABASSUT R., VILLETTE J.-P. (2011) Exploratory data analysis of an european teacher training course on modelling. Communication au colloque Cerme 7. Université de Rzeszow, Pologne. A paraître.

LEMA site du projet Comenius www.lemma-project.org

PETIT Serge (2006) Le tilleul et le marronnier. *Bulletin vert de l'APMEP* n°466, p.597