

**Communications
sur des innovations
pédagogiques**

Scénarios pour une pédagogie du projet

Pierre Bénech

*Équipe EducTice – INRP
19, Allée de Fontenay
69007 Lyon
pierre.benech@inrp.fr*

RÉSUMÉ. Cet article s'intéresse à la conception d'un scénario pédagogique, de type démarche d'investigation pour soutenir un projet technologique dans une classe de première en série sciences et technologies de l'industrie et du développement durable. Notre objectif central est de définir un patron de scénario pédagogique intégrant la pédagogie du projet et les démarches d'investigation. Ce patron de scénario pédagogique est proposé aux élèves comme un premier outil méthodologique pour les accompagner dans les grandes étapes d'un projet technologique et un deuxième outil méthodologique pour les aider dans leur démarche d'investigation scientifique.

MOTS-CLÉS : scénario pédagogique, pédagogie du projet, démarche d'investigation, patron de scénario

KEYWORDS : pedagogical scenario, project-based teaching, inquiry-based approach, pattern scenario

Introduction

La réforme des lycées 2009-2012 (BOEN spécial n° 1 du 4 février 2010), propose une évolution de l'enseignement de l'électrotechnique (STI Génie électrotechnique) vers un baccalauréat sciences et technologies de l'industrie et du développement durable (STI2D) qui « privilégient les activités pratiques d'analyse de systèmes techniques ainsi que le projet » (Projet de programme du cycle terminal de la voie technologique, Eduscol, version du 21 juillet 2010).

Pour favoriser une nouvelle organisation pédagogique, dans le cadre de la future réforme, la première édition du « Challenge Vélo à Assistance Electrique » (VéAE), répondant à une demande institutionnelle de l'académie de Lyon, a mobilisé tous les élèves de première en électrotechnique de cette académie pour leur faire vivre « les étapes d'un projet technologique ». Ce projet technologique est lié à une problématique énergétique travaillée sur le système technique réel, le VéAE.

À travers cet article, nous proposons une formalisation du scénario pédagogique, créé dans ce contexte, en un patron de scénario pédagogique (Villiot-Leclercq, 2007) basé sur la *pédagogie du projet et les démarches d'investigation scientifique*. Nous faisons l'hypothèse que le patron de scénario pédagogique armera les élèves d'outils méthodologiques pour qu'ils soient capables de se mettre en projet.

1. Cadre théorique

Notre point de départ est la notion de projet, alternant temps de travail individuel et en groupe, que Lebrun (2007) présente sous deux sens « comme un moyen (démarche qu'il faudrait effectuer) ou comme un but (objet, produit...) ».

Nous nous appuyerons plus précisément sur le premier sens du terme projet définissant la « pédagogie **du** projet » que Lebrun (2007, page 158) distingue de la pédagogie **par le** projet. Dans la pédagogie **du** projet « l'objectif est la mise en place d'une démarche permettant à l'étudiant de se mettre en projet », quant à la pédagogie **par le** projet « l'objectif est l'acquisition de savoirs, savoir-faire... et son objectivation est la réalisation de quelque chose ».

La pédagogie du projet est pensée pour mettre en œuvre une démarche inductive et expérimentale à travers les actions nécessaires à la réalisation du projet. Pour construire cette pédagogie du projet, nous avons utilisé le patron de scénario « projet » en six étapes issu de la méthode des Pléiades (Villiot-Leclercq, 2007) : 1. **Préparation du projet**, 2. **Organisation du projet**, 3. **Recherche et Analyse**, 4. **Production**, 5. **Diffusion** et 6. **Objectivation**.

Les étapes « Préparation du projet, Recherche et Analyse, Production » de ce patron de scénario pédagogique peuvent être mises en relation avec une forme de démarche d'investigation scientifique, définie par Sanchez (2008) et décrite par Emin *et al.* (2007) en quatre grandes phases, s'articulant autour d'une situation-

problème (Meirieu, 1987). La première phase consiste pour les élèves en un travail d'appropriation d'un *modèle scientifique* afin que celui-ci prenne le statut d'« outil pour penser ». La seconde phase, qui s'appuie sur la précédente, consiste en l'élaboration d'un protocole d'observation ou d'expérimentation. Le recueil et le traitement des données issues de la mise en œuvre du protocole constituent la troisième phase. Enfin, la quatrième phase consiste à apporter une réponse argumentée au problème posé. Nous nous proposons d'utiliser ces travaux sur la démarche d'investigation pour penser l'accompagnement de l'étape « *Recherche et Analyse* » de la pédagogie du projet.

Sanchez (2008, page 96) définit un modèle scientifique comme « un système de symbolisation qui permet de se représenter un phénomène ». Ce modèle scientifique proposé aux élèves, par exemple, « sous la forme de maquettes plus ou moins élaborées » (Sanchez, 2008, page 97), doit être adapté à l'observation, dans le but « d'identifier les éléments à prendre en compte pour que les élèves soient en mesure de s'engager dans un travail d'investigation scientifique de manière autonome » (Sanchez, 2008, page 93). Placé au centre d'une démarche d'investigation comme outil, le modèle scientifique permet aux élèves de conduire une investigation scientifique à travers différentes tâches et en « interrogeant » le modèle. Le modèle scientifique et la démarche d'investigation scientifique doivent « permettre à l'élève de mesurer le pourquoi du travail qu'il conduit et le comment des tâches à effectuer pour le réaliser. » (Sanchez, 2007, page 110).

2. Méthodologie

Pour soutenir la formalisation d'une pédagogie du projet, nous avons, dans un premier temps, observé les pratiques pédagogiques d'un enseignant du secondaire en électrotechnique (STI Génie électrique) lors de microprojets technologiques, intégrant sa méthode d'investigation. Cette observation a été faite dans une classe de première STI avec 20 élèves. Nous avons présenté, dans un deuxième temps, le patron de scénario « projet » à l'enseignant pour qu'il le confronte à ses pratiques. L'objectif de ce regard croisé a permis de formaliser une liste de phases liée à chaque étape du patron de scénario « pédagogie du projet ».

Une deuxième réflexion conduite avec l'enseignant a permis de définir une démarche d'investigation à proposer aux élèves, pour mener à bien le travail de l'étape « Recherche et Analyse ».

3. Résultats

L'analyse menée avec l'enseignant entre sa pratique et le patron de scénario « projet » nous a permis de formaliser un patron de scénario « pédagogie du projet », reprenant et précisant les étapes de Villot-Leclercq (ibidem) :

1. La **Préparation du projet**, première étape, permet aux élèves d'observer, d'épingler les termes et les concepts du projet technologique. Des hypothèses sont posées par les élèves qui structurent et organisent le projet technologique en plusieurs sous-problèmes.

2. L'**Organisation du projet**, deuxième étape en groupe, amène les élèves à planifier le travail des sous-problèmes donnant une vue globale du projet technologique, puis à définir et partager les tâches et les rôles.

3. L'étape **Recherche et Analyse** est le temps où les groupes d'élèves collectent les informations utiles, évaluent l'information recueillie et formalisent leurs analyses des différents sous-problèmes à travers des comptes rendus.

4. L'étape de **Production** est l'étape où chaque groupe formalise une réponse dans un compte rendu argumenté, répondant à la problématique du projet technologique.

5. L'étape de **Diffusion** engage les groupes d'élèves dans une présentation des découvertes et des apprentissages réalisés et dans une discussion autour du projet technologique.

6. Enfin, l'étape d'**Objectivation** se déroule sous la forme d'une synthèse pédagogique, classe entière, menée par l'enseignant donnant du sens aux apprentissages.

Ce patron de scénario pédagogique permet des temps de travail individuel alternant avec des temps de travail en groupe. Les travaux de groupe nous paraissent importants pour développer les compétences relationnelles et sociales des élèves mais également sur le plan cognitif (compréhension, analyse, évaluation...) (Lebrun, 2007, page 139).

Nous nous sommes intéressés plus particulièrement à l'étape « Recherche et Analyse » qui organise la démarche d'investigation pour résoudre les sous-problèmes.

Cette démarche se décompose en six phases dont certaines sont susceptibles de conduire à des boucles de rétroaction et se déroulent en groupe d'élèves.

La première phase « Information et questions dans le problème » a pour objectif de poser le sous-problème, qui a été identifié lors de l'étape Préparation du projet de la pédagogie du projet, pour que les élèves le comprennent et donc se l'approprient.

La seconde phase « Hypothèse(s) vérifiable(s) » est le moment où les élèves émettent des hypothèses débattues et argumentées par chacun.

Une fois les hypothèses posées, les élèves élaborent un protocole (phase trois) qui les amène à une collecte d'informations (phase quatre). Durant cette collecte les élèves réalisent des mesures sur le Vélo à Assistance Electrique ou recherchent de l'information sur le web, sélectionnent les données puis les traitent.

À l'issue de cette phase, les élèves vérifient leurs hypothèses (phase cinq) les amenant à résoudre un sous-problème. Si le problème est résolu, les élèves passent

directement à la phase six ou phase finale, pour laquelle ils produisent un compte rendu argumenté. Dans le cas contraire, les élèves s'engagent dans des recherches ou mesures complémentaires. Il s'agit pour les élèves soit de reprendre le protocole pour collecter de nouvelles informations, soit de se poser de nouvelles questions élaborant de nouvelles hypothèses.

Les différentes phases de la démarche d'investigation s'articulent autour d'un modèle scientifique, présenté aux élèves comme un « outil d'appui, pivot » (Sanchez, 2007) permettant de conduire un travail d'investigation scientifique.

Il reste, et c'est essentiel, à mettre à l'épreuve des modèles scientifiques pour voir dans quelle mesure ils permettent aux élèves d'observer le comportement, le fonctionnement, la constitution d'un système technique, de rechercher des informations et d'identifier les solutions retenues ainsi que les principes qui le régissent.

4. Conclusion

Le patron de scénario « pédagogie du projet » et la démarche d'investigation, proposés comme des outils méthodologiques, devraient permettre aux élèves de se confronter à un problème réel, pour lequel ils n'ont pas reçu de formation particulière. Cette approche pédagogique doit accompagner l'élève dans son projet et l'aider à articuler observations et sous-problèmes liés à un système technique. Pour poursuivre ce travail de réflexion, nous devons ensuite interroger la mise en œuvre des outils méthodologiques, la place des outils numériques et les apprentissages réalisés par les élèves.

5. Bibliographie

- Emin, V., Pernin, J.P., Prieur, M., Sanchez, E. (2007). *Stratégies d'élaboration, de réutilisation et d'indexation de scénarios*. In Hotte R., Pernin J-P., Godinet H., actes en ligne du colloque Scénario 2007, LICEF/CIRTA et INRP, Montréal.
- Lebrun, M. (2007). *Théories et méthodes pédagogiques pour enseigner et apprendre : quelle place pour les TIC dans l'éducation ?* (2 éd.). Bruxelles : De Boeck.
- Meirieu, P. (1987). Guide méthodologique pour l'élaboration d'une situation-problème, in *Apprendre... oui, mais comment*, Paris : ESF, p. 165-180.
- Sanchez, E. (2008). Quelles relations entre modélisation et investigation scientifique dans l'enseignement des sciences de la Terre. *Education & Didactique*, 2 (2), p. 97-122.
- Villiot-Leclercq, E. (2007). « *Modèle de soutien pour l'élaboration et la réutilisation de scénarios pédagogiques* », thèse de doctorat, Université Joseph Fourier/Université de Montréal, 235 p.

Les critères de scientificité : un outil pour distinguer sciences et pseudosciences ?

Estelle Blanquet^{*},^{**}, Éric Picholle^{***}

**Université de Nice Sophia-Antipolis, IUFM de Nice et Institut de Culture Scientifique
43 Avenue Stephen Liégeois
06100 Nice*

*** Laboratoire de Didactique et d'épistémologie des sciences
Université de Genève
estelle.blanquet@unice.fr*

**** C.N.R.S., Laboratoire de Physique de la Matière Condensée (UMR 6622) &
Institut Culture Scientifique, Université de Nice Sophia-Antipolis
Parc Valrose
06000 Nice*

RÉSUMÉ. Nous envisageons l'application à des discours pseudoscientifiques des critères de scientificité habituellement appliqués à la science professionnelle et reformulés pour pouvoir être adaptés aux sciences enseignées par démarche d'investigation. Nous discutons leur caractère opératoire pour la science scolaire. Leur violation par les pseudosciences permet d'identifier des critères discriminants susceptibles d'aider de jeunes élèves et leurs enseignants à reconnaître un discours scientifique au-delà des seules apparences.

MOTS-CLÉS : démarche d'investigation, critère de scientificité, école primaire

KEYWORDS : inquiry-based science education, scientificity, primary school

Un relatif consensus semble aujourd'hui établi sur la façon d'enseigner les sciences à l'école primaire : la démarche d'investigation (DI) (Coquidé *et al.*, 2009). Sa promotion n'a toutefois de sens que si les enseignants sont eux-mêmes au clair sur ce qui fait que ce qu'ils enseignent est de la science, mais aussi que d'autres discours n'en sont pas. Pour qualifier la science, une approche classique chez les épistémologues est la construction de « critères de scientificité ». L'un des plus connus est sans doute celui de « réfutabilité » (Popper, 1934). Lederman (2002) et Sandoval (2005) ont transposé le concept à la science scolaire en définissant des critères teintés de sociologie. Pour notre part, nous avons reformulé un jeu de critères distinguant différents aspects de l'activité scientifique à l'école (Blanquet, 2010a) qui sont présentés dans le tableau 1.

| Démarche | Observation/Expérience | Discours | Argumentation |
|--------------------------------|---|--|---|
| Recul Agilité Robustesse | Exhaustivité Rigueur Robustesse Économie Reproductibilité | Non-contradiction interne et externe Non vacuité Économie Relativité Consensualité Réfutabilité | Cohérence logique et formelle Non scolasticité |

Tableau 1 *Quelques critères de scientificité applicables à l'école*

Du point de vue de l'éducation à la citoyenneté, il est important de permettre à l'élève de se garder de « fausses sciences » et de reconnaître des discours d'autorité plus ou moins bien déguisés. L'objet de cet article est de tester leur capacité à discriminer sciences et pseudosciences. Nous envisageons ensuite l'utilisation possible de ces critères à l'école et leur construction au cours des démarches d'investigation pratiquées à l'école ou dans le cadre de formation d'adultes.

Par pseudoscience, nous entendons une discipline a priori sincère revendiquant un statut scientifique et en cultivant les apparences, mais sans en avoir les attributs. L'astrologie nous servira de référence.

1. Critères de scientificité et démarche d'investigation

On peut faire crédit à l'astrologie d'un discours parfois précis et informatif (critère de non-vacuité). Dans une certaine mesure, la communauté astrologique s'avère en relativement consensuelle et revendique un ensemble de « bonnes pratiques ». Leur faible recouvrement avec celles de la science académique ne suffit pas à la disqualifier en tant que science, sauf à recourir à un argument d'autorité contraire à l'esprit de notre démarche (non scolasticité). Par surcroît, les critères de nature sociologique, comme celui de consensualité (qui implique d'être conscient de l'état des connaissances admises), semblent peu pertinents à l'école.

Il est en revanche possible d'y discuter la cohérence des discours, aussi bien logique que formelle et de non-contradiction interne comme externe. Cette exigence est explicite à l'école et mérite d'être systématiquement soulignée. Le flou et la

grande variabilité des discours caractéristiques de l'astrologie suffisent souvent à invalider les critères de scientificité associés. Si un adulte peut constater qu'elle ne vérifie pas plus les critères de réfutabilité et de relativité (un discours scientifique doit inclure des éléments permettant de déterminer son propre domaine de validité), ceux-ci apparaissent d'un usage délicat à l'école : en plus d'être difficilement accessibles à des jeunes élèves, ils ne sont pas non plus nécessairement vérifiés par le discours du maître. Le critère d'économie, vérifié lorsqu'un discours inclut tous les éléments nécessaires à sa compréhension et ceux-là seulement, est délicat d'application : discutable pour l'astrologie, il peut s'appliquer à l'école, quoique souvent dans les limites fixées par l'enseignant, garant de la procédure.

Sous certaines réserves, cohérence, économie et non scolasticité sont donc des critères susceptibles de distinguer science scolaire et pseudoscience.

2. Critères portant sur l'expérimentation et l'observation

Les astrologues revendiquent volontiers une méthode spécifique déterminant les paramètres nécessaires et suffisants pour leurs calculs et vérifient donc, de leur point de vue, nos critères d'exhaustivité et d'économie. Un point de vue externe, contestant la pertinence des mêmes paramètres (l'influence de telle planète sur notre destin...) conclurait en revanche à l'invalidation de ces critères, dont nous considérerons donc ici la vérification par l'astrologie discutable.

On peut en revanche vérifier que, les mêmes données n'amenant pas toujours aux mêmes résultats, elle ne remplit pas le critère de reproductibilité, sans doute le plus connu des enseignants, ni celui de robustesse (un petit changement pouvant modifier dramatiquement les résultats).

3. Critères portant sur la démarche

Tout comme la science professionnelle, l'astrologie vérifie les critères de recul (présence d'éléments explicites évoquant la distinction entre le monde réel et ses représentations simplifiées) et d'agilité (aller/retours entre le particulier et le général).

Une démarche pouvant être considérée comme robuste si de petits changements dans son application n'en modifient pas dramatiquement l'issue, l'astrologie ne vérifie pas ce critère. Enfin, il est facile de constater que les astrologues revendiquent souvent un savoir de type scolaire, plutôt que soumis à la remise en question permanente de la méthode scientifique. Non scolasticité, reproductibilité et robustesse apparaissent donc comme des critères permettant de reconnaître rapidement l'astrologie, et plus généralement les productions des pseudosciences comme non scientifiques. Un traitement complémentaire montre que cette approche distingue également la science scolaire de sciences imaginaires (e.g. science-fiction), mais non de « sciences pathologiques », au sens de Langmuir.

4. Critères de scientificité et démarche d'investigation

Les critères de scientificité ne font pas partie de l'outillage épistémologique standard des enseignants. Pourtant, les démarches d'investigation proposées à l'école y font souvent implicitement appel. Les critères de non scolasticité, d'agilité, de reproductibilité, d'économie, d'exhaustivité et de robustesse apparaissent discriminants pour distinguer sciences et non sciences : nous montrons ici comment les faire ressortir sur quelques exemples (Blanquet, 2010b).

- *Non scolasticité* : Ce critère, parfois exprimé en termes de refus systématique de l'argument d'autorité, est très ambigu à l'école, où celle du maître est avérée. Pour autant, la démarche d'investigation incite les élèves à trouver un consensus fondé sur leurs expérimentations et sur les arguments qu'ils développent eux-mêmes. Un rituel de la DI, à systématiser, appelle pour la question « Comment faire pour savoir ? », la réponse : « Il faut essayer » ; chaque tentative concrète de vérification d'une proposition est alors un pas vers l'appropriation de la démarche scientifique, définie par opposition à la démarche scolastique.

- *Agilité* : Il est relativement facile de construire une DI autour de concepts généraux appliqués à une situation particulière, et d'insister explicitement sur l'aspect essentiel de la démarche scientifique qui consiste à naviguer consciemment entre le général et le particulier. Lors d'un travail classique sur l'électricité, on peut par exemple passer d'un système physique particulier (pile, fils, ampoule) à un autre (autre pile ou ampoule, plusieurs ampoules) via une théorie élémentaire fondée sur la notion de boucle.

- *Reproductibilité* : Il n'y a pas de démarche d'investigation en classe sans confrontation des résultats des groupes et comparaison des résultats obtenus par ceux-ci pour une « même » expérience. Le critère de reproductibilité sous-tend le traitement des résultats, imposé si nécessaire par le maître. Il peut alors suffire de rappeler aux élèves le critère utilisé à chaque fois qu'il est employé pour valider ou non les résultats.

- *Exhaustivité et économie* : C'est souvent l'oubli initial d'un paramètre pertinent qui, par la confusion apportée dans l'analyse des résultats obtenus, impose le critère d'exhaustivité comme une règle à suivre indispensable. Des questions comme « Que peut-on changer ? », « Peut-on faire changer autre chose ? », "Et si on change cela, que va-t-il se passer d'après vous ? » pour aboutir à « Avons-nous pensé à tout ce qui peut modifier les résultats de notre expérience ? » peuvent, utilisées systématiquement au cours des DI, faire ressortir ce critère.

La DI conduit les élèves à concevoir des protocoles expérimentaux. Il s'agit alors d'identifier les paramètres pertinents. Pour cela, la technique utilisée est d'observer ce qu'il se passe en faisant varier les paramètres supposés pertinents un à un. Faire alors remarquer aux élèves que la variation d'un paramètre supposé pertinent ne conduit pas au résultat obtenu (« ça ne change rien ! ») permet de l'éliminer. Un travail sur les paramètres permettant de faire varier la période

d'oscillation d'un pendule les conduira ainsi à éliminer la masse de l'objet des paramètres pertinents.

- *Robustesse* : L'enseignant s'appuie souvent, quoiqu'implicitement, sur la robustesse des concepts qu'il manipule. Toutefois, une solide culture scientifique peut être nécessaire pour en avoir conscience. La robustesse expérimentale est plus facile d'accès. Elle est souvent présumée par l'enseignant et, si le changement d'expérimentateur fait diverger les résultats, il soupçonnera une erreur de manipulation. La facilité à reproduire une expérience peut être constatée et partagée avec les élèves : c'est un premier pas dans la compréhension du critère. Il est également fréquent d'apporter des modifications au matériel expérimental sans s'étonner que « cela marche » : c'est parce que les expériences à l'école portent le plus souvent sur des concepts particulièrement robustes que cela est possible. Il est facile d'y rendre sensible les élèves en le leur faisant constater. Il convient toutefois de rester conscient du fait que la robustesse de la science scolaire reste assez relative : l'inévitable simplification des concepts les fragilise d'autant, et seules des expériences spécialement conçues et éprouvées, comme celles qu'on trouve dans certains manuels, s'y prêtent réellement.

5. Conclusion

L'approche de la démarche d'investigation en termes de critères de scientificité s'avère pertinente à plusieurs égards. En premier lieu, les critères d'exhaustivité, de reproductibilité, d'économie et de robustesse sont discriminants et susceptibles d'aider de jeunes élèves à reconnaître un discours proprement scientifique au-delà des seules apparences et revendications d'expertise.

Plus généralement, ces critères peuvent aider les enseignants et leurs élèves à mieux appréhender la démarche d'investigation et à acquérir une meilleure compréhension de ce qu'est la science. Les quelques exemples proposés montrent qu'il est possible et relativement aisé d'en ritualiser l'expression lors de DI. Idéalement, on peut même envisager que leur expression systématique puisse renforcer l'efficacité de la démarche pour l'appropriation de la méthodologie scientifique élémentaire ; les mécanismes de construction de critères de scientificité par la démarche d'investigation restent toutefois à préciser.

6. Bibliographie

- Blanquet, E. (2010a). Démarche d'investigation et science scolaire : quelques critères de scientificité. *Doctoriales*, FPSE, Université de Genève.
- Blanquet, E. (2010b). *Sciences à l'école, Côté jardin*. Nice : Somnium.
- Coquidé, M., Fortin, M., Rumelhard, G. (2009). L'investigation : fondements et démarches, intérêts et limite. *Aster*, 49, p. 51-78.

Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L., Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39 (6), p. 497-521.

Popper, K. (1934). *La Logique de la découverte scientifique*. Paris : Payot.

Sandoval, W.A. (2005). Understanding students' practical epistemologies and their influence on learning through inquiry. *Science Education*, 89, p. 634-656.

Analyse de trois stratégies de mise en œuvre d'une même démarche de projet en sciences à l'école élémentaire

Bernard Darley^{*}, Philippe Prévost^{}**

** IUFM d'Aquitaine, Université Bordeaux 4
BP 219, 33021 Bordeaux CEDEX
bernard.darley@aquitaine.iufm.fr*

*** PEMF, école Bouran, Mérignac
philipe.prevost@ac-bordeaux.fr*

RÉSUMÉ. Cette communication décrit et analyse une démarche d'investigation intégrant la mise en œuvre d'un cahier des charges dans les classes de trois professeurs des écoles aux profils très différents. Loin d'une mise en œuvre stéréotypée cette analyse montre qu'une démarche d'investigation peut s'accommoder d'une diversité d'approche sans remettre en cause la pertinence de la démarche.

MOTS-CLÉS : démarche d'investigation, dévolution du problème, cahier des charges

KEYWORDS : inquiry-based teaching, problem solving, specifications

Introduction

Ce travail s'inscrit dans une recherche sur la mise en œuvre, dans des classes d'enseignement élémentaire, d'une démarche d'investigation (DI) (Morge & Boilevin, 2007) intégrant les trois disciplines scientifiques expérimentales : biologie, physique et technologie dans une démarche de projet (Bordalo & Ginestet, 1995). Trois professeurs des écoles (C, G et P) aux profils très différents ont été sollicités. Le choix de ces enseignants a été dicté par la diversité de leurs profils, par leur compétence reconnue dans la mise en œuvre de la DI et par leur grande autonomie.

Le projet qui leur a été soumis est de mener à bien l'incubation d'œufs de poule au moyen d'un incubateur artisanal dont le cahier des charges (Bédart-Naji, 2000) aura été élaboré par les enfants. Ce projet est totalement nouveau pour C et G ; P l'a déjà mené deux fois auparavant.

1. Méthodologie

1.1. Le cadre de travail négocié

Le cadre de travail négocié avec les trois enseignants est le suivant : chaque enseignant est libre d'organiser le déroulement de sa DI comme il l'entend sans ingérence dans les choix didactiques de la part des chercheurs dans la mesure où il respecte le cadre général tel qu'il leur a été soumis : participation active des élèves dans l'élaboration et la mise en œuvre du cahier des charges. L'équipe de chercheurs n'apporte qu'un soutien logistique sous forme de matériaux nécessaires à la réalisation du matériel construit en classe (couveuse, mire-œuf) et/ou de réponses à d'éventuelles questions scientifiques.

1.2. Les données expérimentales : collecte et traitement

Dans la mesure où cela a été possible, toutes les séances ont été enregistrées sous forme vidéo et retranscrites afin de pouvoir affiner les analyses. Seule une partie, correspondant principalement aux premières séances, a été exploitée dans le cadre de ce travail.

1.3. Cadre d'analyse

Davantage que la conformité à un canon de la DI (si tant est que l'on puisse le définir), ce sont les stratégies mises en œuvre par ces trois enseignants qui ont été observées. La manière dont le problème a été introduit et approprié par les élèves et les conséquences de cette manière de faire sur la suite du déroulement de la DI ont été plus particulièrement observées.

2. Résultats

2.1. L'introduction du problème et du concept de cahier des charges dans la classe

Cette analyse porte sur les premières séances ayant conduit à l'introduction du cahier des charges

| | |
|-----------------|---|
| Séance 1 | En référence à des élevages antérieurs introduction de la question d'un autre type d'élevage. |
| | Centration négociée sur l'idée d'un poulailler dans l'école. |
| | Pose la problématique : comment obtenir des poussins ? |
| Séance 2 | Recherche documentaire sur le rôle de la poule lors de la couvaison. |
| | Définition collective des fonctions de la couveuse par analogie avec le rôle de la poule. |
| Séance 3 | Rappel des nécessités et glissement progressif vers les fonctions d'usages. |
| | Introduction du terme « cahier des charges » et de sa définition. |
| | Elaboration du cahier des charges par travail de groupe. |
| | Bilan collectif, mise en conformité des propositions avec les fonctions d'usage identifiées. |

Tableau 1. Séances mises en œuvre par G, classe de CE1/CE2 très hétérogène

| | |
|-----------------|---|
| Séance 1 | En référence à des élevages antérieurs introduction de l'idée d'un élevage de poussins. |
| | Contextualisation avec la lecture de l'album « Le jour où mon frère viendra » (Heinrich, C. Jolibois, C. 2002). |
| | Premières identifications des conditions nécessaires au développement et à l'éclosion. |
| | Questionnement sur la structure de l'œuf. |
| Séance 2 | Dissection et observation d'œufs crus et cuits. |
| | Evocation de l'incubation et analyse de documents. |
| Séance 3 | Liste collective des conditions nécessaires à l'incubation. |
| | Transposition de la poule à la couveuse ; identification des fonctions d'usages. |
| | Introduction de l'objet « couveuse » sous forme d'une boîte en polystyrène. Objectif : la rendre opérationnelle. Recueil d'une liste de solutions techniques. |

Tableau 2. Séances mises en œuvre par C, classe de CE2 homogène

Le terme de cahier des charges n'est pas prononcé, la notion reste non formalisée même si elle est bien présente dans les modalités de mise en œuvre.

| | |
|-----------------|---|
| Séance 1 | La reproduction animale est introduite en continuité du travail fait sur la reproduction végétale et par comparaison terme à terme. |
| | Formalisation de la reproduction ovipare. |
| Séance 2 | Analyse de vidéos sur les conditions d'incubation chez les ovipares |
| | Institutionnalisation des connaissances. |

| | |
|-----------------|---|
| Séance 3 | Liste des étapes d'une incubation chez la poule à partir de l'analyse d'une vidéo et d'un texte documentaire. |
| | Bilan collectif |
| Séance 4 | Fait remplir un tableau associant : les étapes de l'incubation naturelle/la fonction de ces étapes/ce que fait la poule. |
| | Synthèse collective, identification des finalités de chacune des étapes et des modalités de leur mise en œuvre. |
| | Introduction de la notion de cahier des charges. |
| Séance 5 | Transposition des étapes de l'incubation en fonction d'usage (difficile, les élèves sont dans la recherche de solutions techniques) |
| | Première réflexion sur une recherche de solutions techniques |

Tableau 3. Séances mises en œuvre par P, classe de CM2 hétérogène

2.2. Comparaison des stratégies

G et C ont pour point commun de s'appuyer toutes deux sur une expérience préalable d'élevage pour induire l'idée d'un nouveau support de travail. L'introduction du projet est également assez similaire, G proposant rapidement à ses élèves une lecture documentaire sur l'incubation des œufs par une poule alors que C utilise un support (l'album jeunesse) peut-être moins scientifique mais comparable dans sa fonction. Toutes deux vont très rapidement (1^{re} séance pour C, 2nde pour G) amener les élèves à identifier les conditions naturelles nécessaires à l'incubation. Mais la convergence des démarches s'arrête là.

Chez G l'investigation va être essentiellement centrée sur une démarche technologique, portant sur l'écriture et la mise en œuvre du cahier des charges. Le déroulement de l'incubation, même si celle-ci est étudiée en soi, est le moyen de tester la pertinence des solutions techniques retenues et la qualité des gestes techniques nécessaires (manipulation des œufs). L'introduction de la possibilité de concevoir une couveuse, l'élaboration du cahier des charges et les premières propositions de solutions techniques se font au cours de la 3^e séance. Dès la 4^e séance, G fait travailler ses élèves sur un plan de couveuse respectant les fonctions d'usage définies dans le cahier des charges. L'ensemble des solutions techniques retenues sera le produit d'un compromis entre les propositions des élèves et le champ des possibles. La couveuse, qui sera livrée en kit et en partie montée par les élèves eux-mêmes, sera conforme au cahier des charges élaboré par la classe.

Si C va introduire très tôt elle aussi (dès la 3^e séance) le principe du cahier des charges, elle fait le choix de ne pas définir explicitement ce concept. Le terme de « cahier des charges » ne sera jamais employé ; il sera remplacé par la locution « liste des conditions nécessaires » jugée plus explicite pour les élèves. En ne le définissant pas de manière définitive, C se donne la liberté de construire ce concept par étapes successives. À l'inverse de G qui pose un cadre de travail très contraint mais toujours d'une grande lisibilité pour les élèves, C va développer une investigation plus large associant démarche technologique et investigation scientifique. Si le fil directeur reste la réussite de l'incubation, les élèves ont le loisir d'explorer d'autres problématiques liées au fonctionnement du vivant ou aux

caractéristiques de la matière : variation de la masse des œufs, porosité de la coquille, matérialité des gaz, conditions de développement de l'embryon...

Pour limiter cependant le champ des possibles, C introduit dès la 3^e séance une ébauche de couveuse sous forme d'une boîte en polystyrène. Cette boîte sert de support visuel sur lequel les propositions de solutions techniques vont devoir s'intégrer. C introduit donc, dès le début de la réflexion, une contrainte supplémentaire avec laquelle les élèves vont devoir composer. Apporter l'objet déjà préformaté permet à C de ne pas avoir à gérer le choix de la forme et du matériau composant la couveuse. En faisant ce choix elle se prive de la possibilité d'organiser un travail concernant les propriétés des matériaux isolants ainsi que d'une réflexion à propos de l'ergonomie de la couveuse.

Mais cela va aussi lui permettre de se concentrer sur un nombre plus restreint de problèmes techniques (comment apporter de la chaleur ? de l'humidité ? comment réguler la température ?) dans lesquels les élèves ont pu s'investir. P impose une entrée par les connaissances préalables qu'il juge nécessaires de maîtriser pour pouvoir conduire le projet de manière cohérente. Ce n'est qu'une fois ces connaissances posées qu'il va entrer dans une phase assez longue (5 séances) de co-construction du problème et d'élaboration des premières propositions de solutions.

La notion de cahier des charges est introduite en fin de 4^e séance et vraiment abordée au cours de la 5^e. Ce cahier des charges jouera le rôle de fil rouge tout au long des 22 séances du projet. Si les élèves ont une grande liberté d'action et de proposition, puisque quatre projets de couveuses seront soumis à investigation et trois menés à terme, ces investigations sont sans cesse replacées dans le strict cadre défini par le cahier des charges. Ce principe posé par P conduira les élèves à confronter les connaissances construites lors des trois premières séances aux exigences de l'incubation et aux contraintes techniques conséquentes au cahier des charges. L'investigation portera, de manière croisée et en réajustement permanent, aussi bien sur des questions technologiques (choix des matériaux, élaboration de techniques de mise en œuvre, maîtrise du fonctionnement des objets) que sur des questions scientifiques (métabolisme de l'embryon, échanges gazeux entre l'œuf et le milieu extérieur, étapes du développement...). Mais toujours le fil rouge du cahier des charges viendra recentrer le travail des élèves sur la problématique initiale.

3. Conclusion

Les contextes de classe, les histoires de chacun des enseignants sont bien sûr très différents. L'absence, volontaire de notre part, du cadrage des démarches, la richesse cognitive et méthodologique du projet sont autant de facteurs qui ne pouvaient conduire qu'à une diversité de mises en œuvre. L'intérêt était de voir comment chacun s'est approprié et a conduit le projet, comment chacun a utilisé certains ressorts didactiques (s'appuyer sur les conceptions, faire imaginer, chercher, observer et intégrer des contraintes...) pour mener à bien l'élaboration d'un cahier des charges conduisant à la construction et l'utilisation de la couveuse.

Loin d'une mise en œuvre stéréotypée, nous avons pu observer un ensemble de choix raisonnés conduisant à l'élaboration de stratégies originales, très contextualisées, mais restant cohérentes avec les principes de la DI.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier C, G et P pour leur participation à ce travail.

4. Bibliographie

- Bédart-Naji, E. (2000). *La technologie au cycle 3*, collection Pédagogie. Paris : Retz.
- Bordalo, I. & Ginestet, J.P. (1995). *Pour une pédagogie de projet*. Paris : Hachette éducation.
- Heinrich, C. & Jolibois, C. (2002). *Le jour où mon frère viendra*. Paris : Pocket Jeunesse.
- Morge, L. & Boilevin, J.-M. (dir.) (2007). Séquences d'investigation en physique-chimie, recueil et analyse de séquences issues de la recherche en didactique des sciences. Clermont-Ferrand, SCEREN et CRDP d'Auvergne.

Exemple de démarche d'investigation : ateliers scientifiques pluridisciplinaires en classe de seconde et travail collaboratif

Catherine Grisolia^{*}, Martine Badal^{*}, Eric Ferrant^{*}, Isabelle
Tarride^{*}, Christian Le Guillou^{**}

** Professeurs, Lycée Val de Durance Pertuis*
catherine.grisolia@ac-aix-marseille.fr

*** IA-IPR SVT, Académie Aix Marseille*

*RÉSUMÉ. La mise en œuvre de la démarche expérimentale d'investigation telle qu'elle est préconisée dans les programmes de Sciences expérimentales nous a amenés à articuler nos progressions respectives par le biais d'un projet annuel global interdisciplinaire réalisé au cours de l'année 2009-2010. Nos objectifs ont été : i) **de donner du sens à l'enseignement des sciences** en installant les élèves dans une démarche d'investigation et en les confrontant à une expérimentation de haut niveau, ii) **de faciliter l'appropriation des savoirs** en décloisonnant les enseignements par l'exercice de compétences transversales. Le scénario imaginé est celui d'un « **voyage vers Mars** ». Autour de cette histoire s'articulent les contenus des programmes officiels de seconde de SVT et de physique-chimie à la construction desquels contribuent des ateliers scientifiques faisant appel à des chercheurs. Au cours de notre contribution, nous présenterons, dans une première partie, l'ensemble du projet. Dans la deuxième partie, les étapes du projet seront décrites. Cette forme de travail interdisciplinaire et la nécessité d'un travail collaboratif qu'elle impose modifient notre pratique pédagogique. Cet aspect sera abordé dans la troisième partie de la présentation.*

MOTS-CLÉS : démarche d'investigation, interdisciplinarité, compétences transversales, ateliers scientifiques, travail collaboratif

KEYWORDS : inquiry-based approach, interdisciplinarity, cross-disciplinary skills, scientific workshops, collaborative work

Introduction

La mise en œuvre d'une démarche expérimentale d'investigation telle qu'elle est préconisée dans les programmes de sciences expérimentales nous a amenés à proposer un projet annuel global interdisciplinaire réalisé au cours de l'année 2009-2010.

1. Le projet « Allons vivre sur Mars » : présentation générale

Le scénario imaginé s'organise autour d'un récit, celui d'un « voyage vers Mars ».

1.1. L'organisation proposée

Deux classes de seconde (Mesures Physique & Informatique et Arts Plastiques, Initiation aux Sciences de l'Ingénieur et IGC). **Deux disciplines concernées** (SVT, Sciences physiques). **Des séances de TP** des deux classes en parallèle. **Des ateliers scientifiques** au lycée ou dans les laboratoires (une heure hebdomadaire).

1.2. Les progressions croisées

Nous avons articulé les progressions de seconde de SVT et de physique-chimie autour des étapes nécessaires à un voyage vers Mars : l'observation depuis la Terre, l'envoi, le vol et le contrôle d'une sonde, la réception des informations depuis Mars, leur analyse, les préparatifs d'un voyage humain et de l'installation sur la planète.

1.3. Les ateliers scientifiques

Les élèves, placés dans une démarche d'investigation, questionnent des chercheurs pour répondre aux problématiques émergentes lors des ateliers scientifiques.

1.4. Les compétences transversales

La compétence est définie comme la mise en œuvre de connaissances, de capacités et d'attitudes en vue d'accomplir une tâche complexe. Dans ce travail pluridisciplinaire nous avons choisi de travailler quatre grandes compétences mobilisées en sciences de la vie et de la Terre, en sciences physiques et en chimie au cours des séances de travaux pratiques et des ateliers.

2. Le projet « Allons vivre sur Mars » : les étapes du projet

2.1. Le point de départ :

Nos objectifs étaient de *donner du sens à l'enseignement des sciences* en installant les élèves dans une démarche d'investigation et en les confrontant à une expérimentation de haut niveau afin *de faciliter l'appropriation des savoirs* par le décloisonnement des enseignements et l'exercice de compétences transversales. La mise en projet des élèves s'est effectuée par une séance de « remue-méninges » autour du thème : « Année 2009, année de l'astronomie, année anniversaire des premiers pas de l'homme sur la Lune et maintenant... »

2.2. Le développement pédagogique du projet

Du mois de septembre au mois de mai, nous avons participé à une dizaine d'ateliers animés par une quinzaine d'intervenants appartenant à différents organismes de recherche et universités (CNRS, Université d'Aix-Marseille, CEA, CNES, ESO). Chaque atelier était motivé par une problématique qui émergeait du cours, d'une observation, d'un fait nouveau découvert lors une conférence ou d'une recherche et débouchait sur la mise en œuvre ou la conception d'un protocole expérimental. La programmation des ateliers devait bien évidemment tenir compte de l'avancée des programmes afin qu'ils participent véritablement à la construction des savoirs et des compétences visés.

2.3. La production finale et la communication

Chaque atelier a donné lieu à des présentations sous forme de diaporamas et de posters ainsi qu'à des réalisations techniques (constructions de lunettes astronomiques, élaboration de maquettes à l'échelle) ou artistiques (fabrication des décors pour la conférence finale, réalisation de sols martiens ou de « valises souvenirs » pour le voyage). Les élèves ont aussi écrit, mis en scène et présenté au lycée une conférence scénarisée qui racontait le voyage virtuel vers Mars en s'appuyant sur le contenu des ateliers scientifiques.

2.4. L'évaluation

2.4.1. L'évaluation du projet :

Nous avons retenu différents critères d'évaluation : i) la réussite aux concours académiques (« Faites De la Science » et Prix du journalisme), ii) l'évaluation par le LAMES (Laboratoire méditerranéen de sociologie), iii) la motivation des élèves et les résultats à l'orientation en première et iv) l'impact sur le lycée (liens avec les autres disciplines).

2.4.2. L'évaluation des élèves

Nous avons évalué les élèves à certaines étapes du projet afin de permettre la régulation de la progression, d'en modifier éventuellement l'avancée et de mettre en place, si besoin, un dispositif de remédiation. Ces évaluations portaient sur des domaines ou des items de compétences que nous avons décidés de travailler au cours de ce projet. La validation de compétences a été effectuée en fin de projet par l'évaluation de la production finale.

3. Le projet « Allons vivre sur Mars » : contraintes et optimisation

La pédagogie de projet implique l'optimisation de contraintes :

- **de financement** : la nécessité d'établir un budget prévisionnel le plus exhaustif possible demande un soutien technique de l'équipe administrative.
- **de ressources humaines** : la pédagogie de projet exige une forte interaction entre participants qui doit être gérée par un coordonnateur coopté. Des espaces numériques dédiés doivent être mis en place afin de faciliter la circulation des informations.
- **de temps** : actuellement, la gestion rigide des emplois du temps et des services laisse peu de marges de manœuvre pour planifier les ateliers où interviennent de nombreux acteurs extérieurs. Seuls l'attribution d'heures supplémentaires effectives et l'utilisation d'un gestionnaire de tâches peuvent apporter une plus grande fluidité à la progression d'un projet.

4. Conclusions

Le projet « Allons vivre sur Mars » a permis de placer les élèves en situation d'acteurs de leur apprentissage. Il les a obligés à envisager leur formation comme un tout cohérent autour d'un projet. Ceci a permis de développer l'autonomie et l'initiative des élèves en les responsabilisant. Pour tous, la vision qu'ils avaient du monde de la recherche et de la Science a été enrichie. Les succès obtenus et la qualité de la conférence scénarisée donnée au lycée et en présence de différentes personnalités prouvent l'implication des élèves et leur motivation. La réalisation du projet a mis en évidence l'existence de contraintes, en particulier pour ce qui concerne la gestion des ressources humaines, du temps et du budget. Nous avons été amenés à concilier ces contraintes avec les exigences d'une réelle pédagogie de projet centrée sur la mise en autonomie approfondie des élèves.

La pédagogie de projet telle que mise en œuvre est un moyen différent, pour l'élève, de construire son savoir. D'une pédagogie linéaire et parallélisée où les savoirs sont empilés et les matières cloisonnées, on s'oriente vers une pédagogie spiralaire où les notions sont décroisonnées et élaborées progressivement.

Comment varie la masse des œufs au cours de l'incubation ?

Franck James, Bernard Darley

IUFM d'Aquitaine, Université Bordeaux 4

BP 219, 33021 Bordeaux CEDEX

franck.james@aquitaine.iufm.fr

bernard.darley@aquitaine.iufm.fr

RÉSUMÉ. Cette communication présente un exemple de démarche d'investigation mise en œuvre par trois enseignants sur la base d'une transposition didactique des phénomènes métaboliques ayant une incidence sur l'évolution de la masse des œufs au cours de l'incubation. L'analyse montre la richesse didactique des trois situations organisée autour d'une prémisse erronée.

MOTS-CLÉS : transposition didactique, démarche d'investigation, savoir savant

KEYWORDS : didactic transposition, inquiry, scientific knowledge

Introduction

Notre travail cherche à analyser la richesse d'exploitation didactique que représente la pesée d'œufs en incubation tout au long du développement de l'embryon. Au-delà du premier obstacle que va représenter pour les élèves un système en croissance qui ne prend pas de masse, c'est la perte de masse qui va être vraiment génératrice de questionnement et d'investigation : où est passée la masse manquante ? Sous quelle forme une masse a-t-elle pu « sortir » de l'œuf ? Quelle signification métabolique a cette perte de masse ? Le problème n'est pas aussi simple qu'il y paraît et méritait une analyse didactique approfondie.

1. Contexte du projet de recherche, corpus de données et méthodologie

Un projet de construction d'incubateur électrique pour obtenir des poussins à partir d'œufs fécondés a été proposé à 3 maîtres (C, G et P) de l'agglomération bordelaise. Le projet de construction de couveuse a été proposé à ces enseignants sans leur donner d'impératifs dans la nature des objectifs visés, qu'ils soient notionnels ou méthodologiques. La seule contrainte était de mettre en œuvre une démarche d'investigation (DI) (Morge *et al.*, 2007).

La majorité des séances de classe ont été filmées ; le corpus de données est constitué des retranscriptions intégrales de ces enregistrements vidéo. Le problème que nous traiterons ici est celui de l'évolution de la masse de l'œuf au cours du temps.

2. Le cadre didactique et scientifique dans lequel s'inscrit l'évolution de la masse de l'œuf au cours de l'incubation

2.1. Le cadre didactique tel qu'il est posé en classe

La question traditionnellement induite ou posée aux enfants sur le devenir du poids de l'œuf lors d'une incubation est sous tendue par deux objectifs. Le premier est de mettre en évidence un des principes fondamentaux qui définit l'oviparité, à savoir que l'embryon se développe à partir des seules réserves de l'œuf. Le second est de mettre en évidence, de manière indirecte, des échanges gazeux, et donc de matière, entre l'œuf et le milieu extérieur. La problématique de la DI s'appuie sur la conception des élèves associant augmentation de la masse de l'embryon et augmentation de la masse du système « œuf ». Cette ébauche de questionnement pourrait donc suffire à justifier les pesées puisque, si l'œuf est considéré comme un système clos, la masse de l'œuf au cours de l'incubation ne devrait pas varier.

Sur le plan didactique la pesée des œufs va donc induire un travail sur les différentes stratégies possibles de pesée, sur le relevé et le traitement des données (tableaux, graphiques...), et une réflexion sur les causes de ces variations conduisant à une investigation sur la porosité de la coquille, les transferts et la matérialité des gaz.

2.2. Le cadre scientifique dans lequel s'inscrit ce questionnement

La littérature (Schmidt-Nielsen, 1997, Kutchai *et al.*, 1971) nous apprend que les flux d'O₂ et de CO₂ s'équilibrent en masse mais qu'il y a une sortie importante et continue de vapeur d'eau au cours de l'incubation (15 %), ce qui provoque la diminution régulière de masse de l'œuf. Cette perte d'eau se produira dans les mêmes proportions avec un œuf non fécondé mis en incubation et ne peut alors pas être utilisée comme indicateur du bon développement de l'embryon. Ainsi, même si les métabolismes d'un embryon et d'un œuf non fécondé sont très différents, cette différence ne peut être identifiée en classe puisqu'on ne peut distinguer l'origine de l'eau échangée (eau métabolique ou eau solvant). Ce qui pose un problème tout à fait intéressant en termes de transposition didactique (Chevallard, 1985).

3. Traitement didactique de la question de la variation de masse des œufs.

3.1. Quels objectifs, notionnels ou méthodologiques, ont motivé cette question chez le maître ?

Les trois enseignants abordent cette question et construisent leurs séances avec l'idée que la masse des œufs pourra être mise en relation avec l'aspect des œufs observés par mirage. En effet le mirage montre avec un degré de précision assez grand que le développement de la chambre à air est parallèle à la diminution de la masse. En posant cette question, les trois enseignants abordent un des principes fondamentaux qui définit l'oviparité.

Cette proposition de peser les œufs a permis de poser dans les trois classes les jalons d'une DI avec :

- 1) formulation d'hypothèses et expression d'une causalité : « Il ne va pas garder le même poids car au début il est tout minuscule, l'embryon, et il va grossir donc l'œuf va peser plus lourd » ou encore lorsque la diminution de la masse aura été mise en évidence : « Oui le blanc diminue, l'embryon grossit, mais comme il digère le blanc il le réduit, il y en a moins, et la masse diminue ».
- 2) test de l'hypothèse par l'expérience (protocole de pesée des œufs),
- 3) analyse et interprétation des résultats des mesures pour infirmer ou confirmer les hypothèses.

La mise en évidence rapide de la perte de masse amène les élèves à explorer de nouvelles hypothèses. Qu'est-ce qui a pu sortir ? Comment cela est-il sorti ? Qu'est-

ce qui l'a remplacé ? Une des hypothèses émises par les élèves est la suivante : « L'embryon a mangé le blanc donc il y a plus de place pour l'air, donc l'air rentre. Et comme l'air ça pèse moins que le blanc, donc l'œuf pèse moins lourd ».

Chez C et P, la mise en évidence de la porosité de la coquille viendra étayer la notion d'échanges gazeux associés à la respiration et renforcera l'idée que la diminution de masse de l'œuf a pour origine ces échanges gazeux. Un élève proposera d'ailleurs : « Notre poussin va respirer. Comme il y a des trous, l'air c'est normal qu'il sorte et qu'il entre. L'oxygène peut entrer et le gaz carbonique peut sortir ».

3.2. La maîtrise de savoirs scientifiques en jeu est-elle un préalable à la mise en œuvre d'une DI ?

La question est, bien entendu, provocatrice mais elle mérite d'être posée. À la fin de leur projet les enseignants des 3 classes ont été questionnés à ce sujet. Leurs réponses et l'analyse des séances de classes montrent une maîtrise scientifique partielle des savoirs relatifs à la question de la perte de masse. Des imprécisions apparaissent comme : la confusion entre matière et énergie (P) ; la méconnaissance du bilan de la respiration cellulaire (G et P) ou du rôle de l'hygrométrie sur la vitesse d'évaporation de l'eau (C), de l'intensité des échanges gazeux (G et C) ; l'oubli du témoin dans la mesure des masses des œufs (G et P)... Ces manques influenceront les choix didactiques des enseignants et conduiront quelquefois à des approximations scientifiques autour de l'explication finale qui sera donnée à cette question. Pour P par exemple, la masse devait diminuer car il considérait cette baisse comme un indicateur fiable du bon développement embryonnaire. Or un œuf commercial incubé subit une perte de masse similaire.

Cependant, et cela peut paraître paradoxal, malgré ces connaissances approximatives, les élèves ont été placés en situation d'investigation pertinente. On pourrait même aller plus loin en disant que c'est justement leur manque de connaissances qui a permis à ces enseignants de proposer une démarche qui avait sa cohérence interne basée sur la prémisse suivante : la perte de masse est liée aux réactions métaboliques et la porosité de la coquille est responsable de la « fuite » des gaz (CO₂ et H₂O) impliqués dans le métabolisme. Pour P, le témoin (l'ovule non fécondé) est donc sans intérêt puisque, a priori privé de métabolisme, il ne peut être l'objet de ces échanges. La comparaison n'a donc de sens qu'entre les états de développement d'un même œuf.

La parfaite connaissance des mécanismes de déshydratation qui touchent aussi bien les œufs fécondés que non fécondés invalide la prémisse, et donc la pertinence même de cette pesée puisqu'elle aurait abouti à aucune différence notable. Pesée qui, pourtant, est génératrice d'investigation puisqu'elle conduit à la mise en évidence du concept de porosité, généralise le concept de respiration et renforce celui de matérialité des gaz. Autant d'objectifs dont on ne peut nier l'intérêt et pourtant introduits sur la base d'une prémisse fautive.

Il est alors intéressant de s'interroger sur ce qu'aurait pu être une DI basée sur une prémisse exacte : la perte de masse est uniquement liée à la déshydratation de l'œuf puisque les échanges CO₂/O₂ s'équilibrent en masse. Cette prémisse a pour conséquence de ne pas permettre la mise en évidence du métabolisme et donc des échanges respiratoires d'un être en développement. Si l'ovule reste une cellule vivante, son métabolisme n'en est pas moins très différent de celui de l'œuf, ce que révèle l'analyse fine des échanges gazeux. Une même apparence phénoménologique cache en réalité des mécanismes très différents. Alors faut-il sacrifier une investigation extrêmement riche sur l'autel du canon scientifique ? Même si la mesure « objective » des masses semble leur donner tort, ces enseignants qui voyaient dans la perte de masse un indicateur de métabolisme n'étaient finalement pas si loin de la vérité puisque c'est bien l'origine de l'eau qui s'évapore (métabolique ou solvant passif) qui est en jeu.

4. Conclusion

Au regard de tous ces obstacles qui peuvent interdire la compréhension de l'origine du phénomène de diminution de masse des œufs au cours de l'incubation, on peut opposer des arguments qui justifient de questionner malgré tout les élèves sur ce point. En effet, cette question a amené les enfants à s'interroger sur des notions telles que la conservation de la masse (G), le concept d'oviparité (G, C et P), la relation entre croissance et développement (G, C et P), la fonction de nutrition, et en particulier digestion et respiration (C et P) ou encore la matérialité des gaz (C et G). D'un point de vue méthodologique, les élèves ont été invités à mobiliser des compétences liées à la mesure d'une grandeur (masse), au traitement de données graphiques, mais aussi à se familiariser avec les attributs de la démarche d'investigation (formulation d'hypothèses, causalité, élaboration d'un protocole, rigueur des mesures, interprétation des résultats et confrontation aux hypothèses de départ...). Autant de questions heuristiques qu'une prémisse exacte n'aurait pas suscitées. La question de la transposition didactique reste donc bien posée.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier très sincèrement C, G et P pour le harcèlement didactique auquel ils ont été soumis.

5. Bibliographie

Schmidt-Nielsen, K. (1997). *Animal physiology, adaptation and environment*. Cambridge University Press ; 5th Revised edition.

Kutchai H. & Steen J. B (1971). Permeability of the shell and shell membranes of hens' eggs during development, *Resp. Physiol.*, 11, p. 265-268.

Morge, L. & Boilevin, J.-M. (dir.) (2007). *Séquences d'investigation en physique-chimie, recueil et analyse de séquences issues de la recherche en didactique des sciences*. Clermont-Ferrand : SCEREN et CRDP d'Auvergne.

Chevallard, Y. (2005). *La transposition didactique, du savoir savant au savoir enseigné*. Grenoble : La Pensée Sauvage.

Un dispositif technopédagogique pour l'investigation en biologie : éléments de bilan après sept ans

François Lombard

TECFA ; IUFE, LDES

Université de Genève

francois.lombard@unige.ch

RÉSUMÉ. Nous avons développé durant 7 ans un dispositif technopédagogique pour l'investigation en biologie à Genève. La plus grande partie de l'année terminale reposait sur ce dispositif qui devait donc assumer la pleine responsabilité des acquis à l'examen de maturité (= baccalauréat) dans la discipline principale de ces étudiants.

Nous avons cherché à déterminer quelles caractéristiques de ce dispositif permettent de développer la démarche scientifique en tant que méthode de validation des connaissances et comme processus cyclique (Sandoval, 2004).

Nous montrons que les élèves développent des stratégies de sélection de ressources et de validation autonome des savoirs. Nous trouvons que l'écriture itérative, la confrontation répétée des textes en cours d'élaboration ainsi que la disponibilité de ressources abondantes et de qualité variée sont des caractéristiques importantes pour mener à ces résultats.

Nous discuterons dans quelle mesure ces caractéristiques constituent des indices de développement de connaissances scientifiques.

MOTS-CLÉS : investigation, dispositifs, ingénierie pédagogique, wiki, biologie

KEYWORDS : inquiry, design, info literacy, wiki, biology

Introduction

Nous avons développé durant sept ans un dispositif technopédagogique pour l'investigation en biologie. Pour étudier les effets de ce dispositif, nous procédons à l'analyse des co-écritures successives ainsi que de questionnaires soumis aux élèves. Cet article présente un condensé de certains résultats, focalisé sur la validation des connaissances et les stratégies de sélection des ressources.

Nous conceptualisons l'investigation scientifique comme un processus de questions et de réponses (Hintikka, 1992), de nature cyclique (Bereiter, 2002 ; Sandoval, 2004). Une caractéristique de la science est la validation des savoirs par leur construction logique reposant sur des données (Sandoval, 2004). L'investigation se manifeste par un cycle, généralement répété, dont les phases cruciales sont la formulation de questions, la recherche de réponses, une production – souvent écrite – la discussion et la réflexion débouchant sur la redéfinition des questions. Ainsi, « faire de la science » c'est accompagner les élèves pour qu'ils valident eux-mêmes les savoirs trouvés et étayent scientifiquement leurs connaissances. Les manipulations expérimentales sont une manière de valider les savoirs parmi d'autres (observations, enquêtes, lectures...). Hakkarainen et Sintonen (2002) montrent que l'investigation peut mener les apprenants depuis des questions vagues vers une exploration scientifique. Dans un dispositif d'investigation, l'enseignant devrait donc laisser les élèves construire les questions mais s'assurer qu'elles sont problématisées, guident la validation des connaissances et permettent la sélection de ressources appropriées. Les productions écrites manifestent les étapes de la compréhension. Elles sont un artefact conceptuel (Bereiter, 2002) qui permet la confrontation des conceptions émergentes des élèves sur une question. Ainsi l'écriture est mise à profit dans l'investigation pour sa fonction de clarification de la pensée (Klein, 1999). La nature itérative de l'investigation se manifeste par une écriture retravaillée et une construction progressive de la pensée. La recherche montre que les apprentissages profitent des confrontations épistémiques lorsque les conflits sont sociocognitifs plutôt que relationnels (Buchs, 2007).

1. Méthodologie

Ce dispositif s'appuie sur un espace d'écriture itérative et de confrontation supporté par un wiki (un site web interactif dans lequel un même texte peut être élaboré collaborativement à distance par les élèves et les enseignants). Cette écriture sous-tend une démarche de co-élaboration des connaissances. L'approche méthodologique est *design-based* (Design Based Research Collective, 2003) : les résultats sont des règles de conception de dispositifs. L'analyse s'appuie sur l'enregistrement automatique des versions successives d'écriture sur le serveur wiki. Nous avons analysé les textes et recherché les effets des modifications du dispositif d'apprentissage dans ses itérations successives. L'analyse est stratigraphique, annuelle, et pluri-annuelle. Nous tenterons de montrer ici quelles caractéristiques du

dispositif développent les compétences scientifiques de validation autonome des savoirs et de choix critique des ressources. Une sélection de textes a été analysée pour sa complexité épistémique selon l'échelle à quatre niveaux de Hakkarainen modifiée par Zhang, *et al.*, (2007) (Descriptions simples, Descriptions élaborées, Explications simples, Explications élaborées) Des questionnaires ont été administrés aux élèves durant l'activité et plus tard, lorsqu'ils sont devenus étudiants à l'université. Le chercheur étant aussi l'enseignant, des dispositifs assez radicaux ont pu être explorés, mais une généralisation des résultats doit être évaluée soigneusement.

Cet article se réfère principalement à un dispositif technopédagogique, supporté par un wiki que nous nommerons IBL, implémenté durant presque toute l'année scolaire, sept années de suite dans des classes de biologie en année terminale. Les chapitres traités sont la biologie moléculaire, la génétique et l'immunologie. L'essentiel de l'activité – en classe et comme devoirs entre les leçons – est l'investigation par les élèves des chapitres sélectionnés, tantôt par l'expérimentation, l'observation ou la lecture et se manifeste par la production commune d'une brochure de préparation aux examens. La classe est divisée en 4 groupes d'élèves « experts » pour un sous thème, qui sont responsables de composer pour leurs pairs des textes destinés à préparer les examens. Un chapitre est traité en 2-3 cycles de l'IBL sur environ 3-4 semaines. La dévolution des questions aux élèves repose sur une claire séparation de la responsabilité curriculaire – que l'enseignant conserve – du rôle d'autorité de savoir scientifique : les ouvrages de référence. Des règles de rédaction structurent l'écrit, notamment la limitation de chaque paragraphe à un seul concept et guident l'investigation : les questions vagues et générales du début éclatent en plusieurs questions plus précises et pertinentes au fur et à mesure que s'organisent les concepts. Les élèves opèrent eux-mêmes la sélection des ressources dans un environnement très riche : ouvrages scolaires, académiques, internet, ouvrages académiques on-line. Depuis le domicile, les élèves ont très largement recours aux ressources disponibles par internet mais aussi à leur ouvrage de référence papier. La co-écriture dans le wiki est fortement itérative (5-10 révisions par les élèves sur 3-4 semaines), elle est guidée par un feedback régulier de l'enseignant. Des présentations aux pairs ont lieu dès le début, chaque groupe par sous thème, 2 fois par chapitre, soit tous les 10 jours environ.

2. Une sélection de résultats et leur analyse

Ce dispositif a permis aux élèves d'obtenir des résultats aux examens semblables ou meilleurs que ceux des autres classes. Le contrôle par l'enseignant des questions investiguées s'est avéré suffisant pour garantir la couverture du programme. Les élèves et les étudiants déclarent dans les questionnaires avoir acquis des stratégies efficaces d'apprentissage et de bonnes connaissances en biologie. L'analyse des productions au cours de l'année montre un accroissement de la complexité épistémique des réponses produites par les élèves. Ces résultats ont été présentés ailleurs (Lombard, 2010). Pour une page wiki typique, on voit au cours de l'année

que le nombre de descriptions augmente modérément, que le nombre d'explications simples augmente de 11 à 55, et les explications élaborées de 3 à 16. La rédaction dépasse le niveau descriptif et développe effectivement l'explication des mécanismes biologiques complexes de l'immunologie.

Laisser à l'élève – progressivement au cours de l'année – la responsabilité de décider quels savoirs sont acceptés et leur degré de validité, a montré que les élèves sélectionnent et synthétisent dans les pages wiki des savoirs approfondis et pertinents. Les élèves sont cependant partagés lorsqu'ils sont interrogés sur leur appréciation du fait que « le maître ne donne pas souvent les réponses... ». Entre « je n'aime toujours pas » (= 1) et « finalement c'est bien » (= 4), une majorité déclare apprécier ($\mu = 3.0$ sur 4). Mais la variance ($\sigma = 1.04$) est élevée et ne corrèle pas bien avec les résultats aux examens. Cela suggère que la responsabilité de valider est bien perçue par beaucoup, mais reste une cause d'inquiétude chez certains bons élèves aussi.

L'analyse des textes révèle un déplacement des choix des élèves depuis les simples recherches Google et le copier-coller, par Wikipedia, vers des ressources d'authenticité croissante : ils ont progressivement privilégié leur ouvrage de référence et même des ouvrages académiques spécialisés en immunologie (Janeway, *et al.* 2001). Par exemple une page wiki sur l'immunité humorale (fin d'année) contient 10 références explicites et 7 figures tirées de cet ouvrage. Les élèves ont exprimé des préférences discriminantes sur les ressources : pour des questions précises, leur ouvrage de référence est préféré ($\mu = 3.1$ sur une échelle Likert de 1 à 4), avant Wikipedia ($\mu = 2.6$). Le rapport aux ouvrages volumineux change un élève écrit par exemple dans le questionnaire en fin d'année : « en 3 ans de biologie, je n'avais jamais osé m'aventurer dans le Campbell tant il me faisait peur, maintenant c'est la première chose que je fais quand je dois trouver réponse aux questions ».

Ainsi laisser la responsabilité de la sélection aux élèves pour qu'ils développent leurs propres stratégies paraît globalement efficace et les élèves déclarent que le dispositif les a aidés à « développer [leur] capacité à extraire des informations pertinentes de l'ensemble des ressources disponibles » ($\mu = 3.05$ sur 4). Il est apparu que les élèves, lors de la préparation des examens, sachant qui avait réalisé quelle partie du texte, jugeaient en permanence la validité de ce qu'ils lisaient. La qualité incertaine des documents produits par leurs pairs pourrait avoir développé la compétence d'attribuer aux connaissances qu'ils construisent une source, et une validité variable. Cette compétence est cruciale en science.

3. Discussion

Il est peut-être utile de rappeler qu'il ne s'agit pas ici d'analyser un design particulier, mais d'essayer d'extraire les liens entre les particularités du dispositif et les effets qu'on peut en attendre afin de concevoir d'autres dispositifs adaptés à d'autres contextes. Globalement ces résultats suggèrent que cette forme d'investigation peut aider à développer chez les élèves des connaissances

scientifiquement fondées. La rédaction itérative, dans un espace d'écriture partagé, avec un feed-back constructif peut permettre l'investigation de sujets scientifiques difficiles et développer la validation autonome des connaissances. Des opportunités d'exposer leurs idées en cours de construction favorisent la prise de conscience des limites de leurs propres connaissances et permettent de recadrer l'investigation. Une fois que les élèves sont équipés de stratégies de recherche et d'organisation du texte, il pourrait être judicieux de les confronter à des données de qualité incertaine pour exercer leurs stratégies de validation des connaissances. En effet l'usage de documents douteux incite – au moins en partie – à établir la source, à vérifier les données, à établir la justification et à attribuer une validité mesurée, des activités cognitives qui caractérisent la connaissance scientifique.

Si la plupart des élèves se sont trouvés à l'aise dans la façon scientifique d'établir eux-mêmes la validité de leurs connaissances, certains se sentent désorientés sans la validation de l'enseignant. Les effets de cet inconfort sur leur investissement restent à établir, et pourraient être liés à des valeurs personnelles ou culturelles à propos du rapport à l'autorité et à sa contestation. Nous poursuivons la réflexion sur ce point.

Remerciements

L'auteur remercie le TECFA, le LDES, l'IUFE, le Département de l'Instruction Publique de Genève pour avoir soutenu cette recherche en vue de sa thèse.

4. Bibliographie

- Bereiter, C. (2002). *Education and Mind in the Knowledge Age* (Second edition). Mahwah, New Jersey : Lawrence Erlbaum Associates.
- Buchs, C. (2007). *Initiation à la pédagogie coopérative*. Genève : FPSE Université de Genève.
- Design Based Research Collective. (2003). Design-Based Research : An Emerging Paradigm for Educational Inquiry. *Educational Researcher*, 32 (1), p 5-8.
- Hakkarainen, K., & Sintonen, M. (2002). The Interrogative Model of Inquiry and Computer-Supported Collaborative Learning. *Science & Education*, Vol. 11 (1), p 25-43.
- Hintikka, J. (1992). The interrogative model of inquiry as a general theory of argumentation. *Communication and Cognition*, 25 (2-3), p 221 – 242.
- Janeway, C. A., Travers, P., Walport, M., & Shlomchik, M. (2001). *Immunobiology*. New York and London : Garland Science.
- Klein, P. D. (1999). Reopening Inquiry into Cognitive Processes in Writing-To-Learn. *Educational Psychology Review*, 11 (3), p. 203-270.

- Lombard, F. (2010, sous presse). New opportunities for authenticity in a world of changing biology. *Paper presented at « Authenticity in Biology Education : Benefits and Challenges »*, 13-19 july 2010, Braga Portugal.
- Sandoval, W. A. (2004). Developing Learning Theory by Refining Conjectures Embodied in Educational Designs. *Educational Psychologist*, 39 (4), p 213-223.
- Zhang, J., Scardamalia, M., Lamon, M., Messina, R., & Reeve, R. (2007). Socio-cognitive dynamics of knowledge building in the work of 9-and 10-year-olds. *Educational Technology Research and Development*, 55 (2), p 117-145.

Math-Bridge : investigation en remédiation individualisée lycée/université

Christian Mercat

*LEPS-LIRDHIST – Université Lyon 1
La Pagode – 38, Bd Niels Bohr
69622 Villeurbanne CEDEX
mercat@math.univ-montp2.fr*

RÉSUMÉ. Le projet européen eContent + Math-Bridge, vise à apporter un soutien pédagogique à deux populations d'étudiants dans les premières années d'université :

- il aide les étudiants faibles à identifier, par l'investigation, leurs lacunes en mathématiques, puis à les combler ;

- il permet aux étudiants curieux de construire des parcours pédagogiques individualisés pour découvrir de nouveaux sujets.

Un site Internet délivre le contenu, qui repose sur une modélisation des compétences de l'étudiant, et qui évolue en fonction de ses réponses à des exercices interactifs. Des moteurs d'intelligence artificielle, des « raisonneurs », permettent de donner un retour à l'utilisateur qui pousse à l'investigation. Des « livres » personnalisés adaptés à l'étudiant collectent des éléments pédagogiques dans la grande base de contenu du projet, constituée des cours de remédiation des universités partenaires, permettant de découvrir de nouveaux sujets ou de travailler différemment, des parcours pédagogiques tels que « découverte » ou « entraînement » sélectionnant des contenus différents. Le grain de ces objets est très fin, à l'échelle du paragraphe, tous étiquetés par une ontologie des sujets et des compétences.

MOTS-CLÉS : remédiation, transition, TICE, individualisation, multilinguisme

KEYWORDS : remediation, transition, ICT, individualisation, multilingual platform

Introduction

Le taux d'échec dans les premières années d'université en science est très élevé. Le niveau des étudiants est très hétérogène et le socle commun des compétences, sensé être acquis au lycée est souvent chancelant, sur des points qui diffèrent d'un étudiant à l'autre. Des cours de remédiation tout public sont largement inefficaces et peu motivants car pas assez ciblés. Un étudiant aura par exemple besoin de revoir les fractions, tandis qu'un autre nécessiterait d'approfondir les systèmes d'équations linéaires ou la géométrie du triangle.

1. Le projet Math-Bridge

Le projet européen Math-Bridge met en place des outils informatiques et du contenu pédagogique qui permettront à un étudiant dans les premières années d'université scientifique, d'identifier ses faiblesses en mathématiques et d'y remédier de manière individualisée. Le système a, pour chaque étudiant, un modèle de ses compétences et de leur degré de maîtrise, lui proposant du contenu pédagogique (cours, exemples, exercices) adapté à celles-ci et l'amenant à un ensemble de compétences visées, en construisant un parcours pédagogique adapté. Les réponses aux exercices d'auto-évaluation (cf. Figure 1) permettent aux compétences de l'étudiant et à leur modélisation par le système, d'évoluer, en étant mieux acquises ou au contraire en s'érodant (Gogudze, 2009).

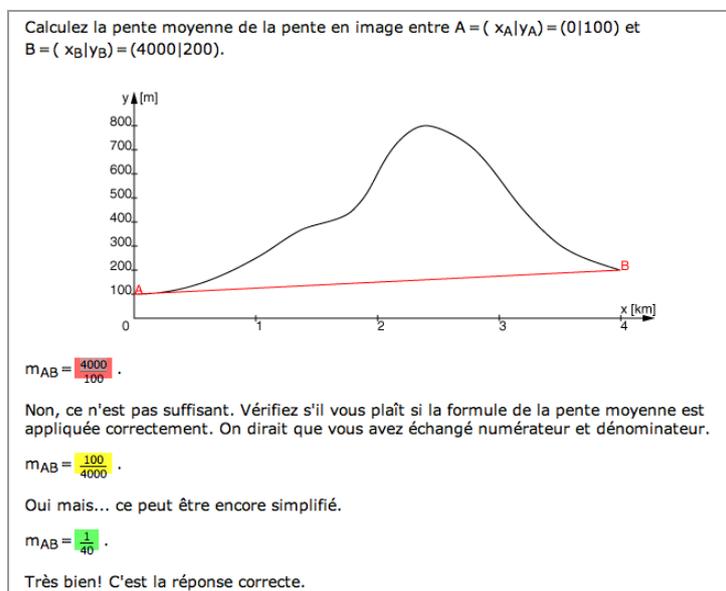


Figure 1. Les réponses aux exercices sont le plus souvent riches et contextuelles.

Les faiblesses dans les compétences peuvent parfois venir de très loin, comme par exemple la distribution de la multiplication par rapport à l'addition ou la maîtrise de la proportionnalité, les identifier précisément peut être difficile pour l'étudiant, puis l'avouer devant un enseignant est humiliant, tandis que travailler ses bases avec un système informatique peut être vécu comme moins pénalisant et plus constructif.

Le projet peut être utilisé :

- par les enseignants pour élaborer un cours en proposant un parcours pédagogique type ;
- par les étudiants, nouveaux arrivants ou en formation continue, pour consolider leurs acquis jusqu'à certaines compétences visées par un cours donné. Des outils pour un apprentissage collaboratif sont disponibles (McLaren *et al.*, 2010) ;
- en exploration libre pour s'auto-former.

2. Contenu pédagogique

Le contenu pédagogique est présenté sous forme de paragraphes largement indépendants, étiquetés sémantiquement par des métadonnées (cf. Figure 2) qui lui donnent du sens. On peut avoir par exemple « la démonstration pour » le « théorème des accroissements finis », adressé aux élèves chimistes. Cet étiquetage très fin permet de rechercher précisément, manuellement ou automatiquement, des objets pédagogiques.

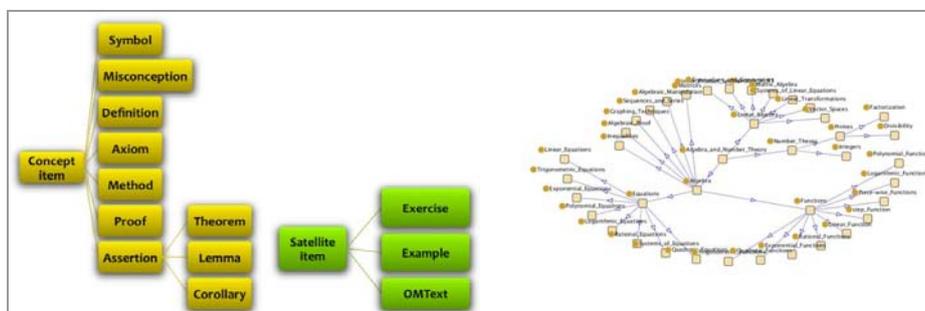


Figure 2. Chaque objet pédagogique est finement étiqueté à l'échelle du paragraphe par des éléments d'une ontologie des sujets, des compétences et des relations entre ces objets.

Math-Bridge modélise le savoir de chaque étudiant en fonction de son utilisation de la plateforme (Scheuer *et al.*, 2010), et en particulier de ses réponses aux exercices qui valident ou érodent ses compétences. Le système s'appuie sur ce modèle de manière à proposer à l'étudiant du contenu adapté. On peut ainsi créer des « livres » pour un sujet donné : le système va assembler des objets pédagogiques qui permettront à l'étudiant d'aller de son savoir actuel au savoir visé. De plus, cette collecte peut suivre différents scénarii pédagogiques (cf. Figure 3) : découverte avec

beaucoup de motivations et d'exemples, résumé de cours avec les définitions et les théorèmes, fascicule d'exercices ou simulation d'examen.

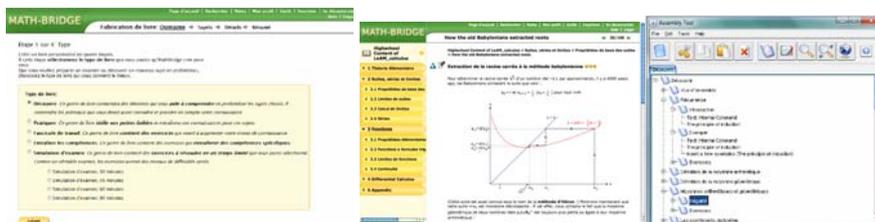


Figure 3. Différents types de scénarii pédagogiques permettent d'élaborer des « livres » en collectant des objets pédagogiques dans un ordre et une proportion contrôlés, adaptés à l'étudiant. Ces livres peuvent être ensuite assemblés dans un éditeur spécifique.

La présentation peut également être adaptée à l'étudiant : La notion de Plus Grand Commun Diviseur par exemple, se note de manière différente en Allemagne, en Angleterre ou en France (cf. Figure 4), ou bien suivant le niveau (Melis *et al.*, 2009). En fonction des préférences utilisateur, telle notation sera utilisée plutôt que telle autre.

| en | hu | de | fr | es | ru | zh | nl |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------|
| gcd(4,6) | gcd(4,6) | ggT(4,6) | pgdc(n,m) | mcd(4,6) | НОД(4,6) | gcd(4,6) | GGD(4,6) |

Figure 4. Le Plus Grand Commun Diviseur de 4 et 6 est 2, noté différemment pour divers contextes linguistiques.

Du point de vue des universités, l'ontologie des compétences mise en place dans le projet, pourra normaliser les compétences requises et visées par des unités d'enseignement, facilitant la mobilité des étudiants et automatisant leur vérification. Le contenu pédagogique sera disponible en plusieurs langues européennes : française, allemande, anglaise, espagnole, hollandaise, hongroise et finlandaise.

L'efficacité pédagogique du dispositif sera mesurée sur de grandes cohortes avec pré-tests, post-tests, comparaison de l'accroissement de connaissance par rapport à un groupe de contrôle.

Le projet Math-Bridge s'appuie sur les banques de matériel des différents partenaires :

- Mathe-online, <http://mathe-online.at>, Université de Vienne (Autriche) ;
- VEMA, <http://www.mathematik.uni-kassel.de/~vorkurs>, Universités de Kassel et Paderborn (Allemagne) ;
- OUNL, <http://www.ou.nl>, Université Ouverte des Pays-Bas ;
- Tampere University of Technology (Finlande) ;
- LeActiveMath, <http://www.activemath.org/Content/DifferentialCalculus>, DFKI, Université de Saar (Allemagne).

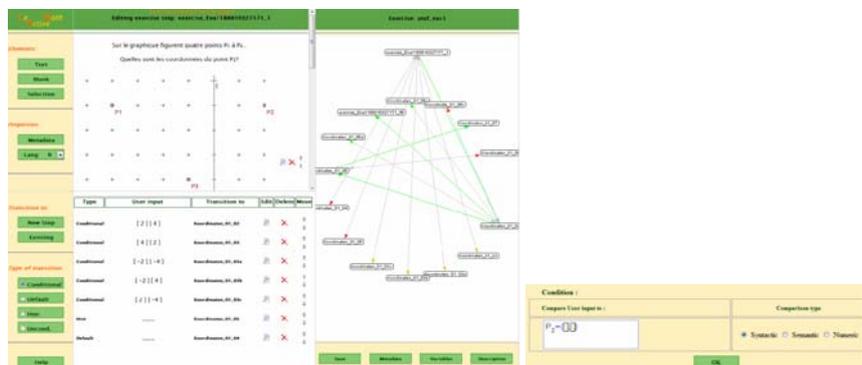


Figure 5. Un exerciceur sophistiqué permet l'élaboration d'exercices à étapes dont le retour utilisateur est finement conditionnel, syntaxique, sémantique ou numérique.

3. En guise de conclusion

Le projet, commencé en mai 2009, se terminera en janvier 2012. Le budget du projet, cofinancé par la communauté européenne, est de 3,6 M€. Le coordinateur est l'Institut Allemand de Recherche en Intelligence Artificielle (DFKI), représenté par Dr Erica Melis. Le partenaire français est l'université Montpellier 2, représentée par Christian Mercat.

4. Bibliographie

- Goguadze, G. (2009), Semantic Evaluation Services for Web Based Exercises. In M. Spaniol, Q. Li, R. Klamma, R.W.H. Lau (dir.), *Proceedings of 8th International Conference on Web Based Learning - ICWL 2009* (p. 171-181), Lecture Notes in Computer Science (LNCS), Vol. 5686, Springer.
- McLaren, B. M., Scheuer, O., Mikšátko, J. (2010), Supporting Collaborative Learning and E-Discussions, *International Journal of Artificial Intelligence in Education (IJAIED)* 20 (1), 1-46. Disponible sur Internet : <http://www.cs.emu.edu/~bmclaren/pubs/McLarenScheuerMiksatko-SupportingCollabLearningWithAI-IJAIED2010.pdf>
- Melis, E., Goguadze, G., Libbrecht, P., Ullrich, C. (2009), Culturally Aware Mathematics Education Technology. In E. Blanchard and D. Allard (dir.), *The Handbook of Research in Culturally-Aware Information Technology: Perspectives and Models* (pp. 543-557), IGI-Global Publisher. Disponible sur Internet : <http://www.activemath.org/pubs/MelisGoguadzeUllrichCultureBook2009.pdf>
- Scheuer, O., McLaren, B. M., Loll, F., Pinkwart, N. (to appear 2010), Automated Analysis and Feedback Techniques to Support and Teach Argumentation: A Survey. In N. Pinkwart and B. M. McLaren (dir.), *Educational Technologies for Teaching Argumentation Skills*, Bentham Science Publishers. Disponible sur Internet :

<<http://www.activemath.org/pubs/Scheueretal-AnalysisFeedbackArgumentationSurvey-2010.pdf>>

<http://www.math-bridge.org/>



UNIKASSEL
VERSITÄT



UNIVERSITÄT PADERBORN
AN DER UNIVERSITÄT BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



universität
wien



Universidad
Carlos III de Madrid



um