

L'INTERDISCIPLINARITE ENTRE MATHEMATIQUES ET SCIENCES A L'ECOLE SECONDAIRE. UNE ETUDE DE CAS.

HASSANE SQUALLI, LAURENT THEIS, ABDELKRIM HASNI & DAVID BENOIT

Centre de recherche sur l'enseignement et l'apprentissage des sciences, mathématiques et technologie (CREAS) ; Université de Sherbrooke, Québec, Canada

Hassane.Squalli@USherbrooke.ca

Abdelkrim.Hasni@USherbrooke.ca

David.Benoit@USherbrooke.ca

Résumé. Dans ce texte, nous présentons une étude de cas du travail de planification d'une situation d'apprentissage interdisciplinaire entre mathématiques et sciences d'une équipe formée de deux enseignantes de mathématiques et de deux enseignantes de sciences et technologies du premier cycle du secondaire. Nous commençons par exposer des éléments de la problématique du recours aux approches interdisciplinaires entre mathématiques et sciences dans le contexte de l'école secondaire au Québec, ainsi que quelques clarifications du concept d'interdisciplinarité.

Mots-clés : interdisciplinarité ; planification d'une situation d'apprentissage interdisciplinaire entre mathématiques et sciences ; pratique des enseignants.

1. L'interdisciplinarité dans le contexte québécois

Au Québec, le nouveau programme de mathématiques, sciences et technologies au premier cycle du secondaire (Gouvernement du Québec, 2004) est un programme intégré, plutôt que cloisonné en matières indépendantes. Pour favoriser cette intégration, les nouveaux programmes de l'école québécoise au primaire (Gouvernement du Québec, 2001) et au secondaire (Gouvernement du Québec, 2004) font de l'interdisciplinarité une de leurs orientations prioritaires. En outre, au secondaire les mathématiques, les sciences et technologies font partie du même domaine d'apprentissage: «le regroupement des disciplines par domaines représente un pas vers le décroisement des matières scolaires, en ce sens qu'il permet de les situer par rapport à des domaines de référence et incite l'enseignant à concevoir sa discipline comme une partie intégrante d'une dimension importante de la formation de l'élève» (*Ibid.*, p. 15). Le Ministère de l'Éducation, du Loisir et des Sports du Québec ajoute : «depuis fort longtemps, ces disciplines sont intrinsèquement reliées et leur évolution de même que leur dynamique interne portent la marque de leur synergie. Ainsi, qu'il s'agisse de la conception ou de la représentation de certains objets technologiques, de la construction de modèles mathématiques ou encore de la représentation de phénomènes scientifiques naturels, l'interdisciplinarité qui les caractérise s'avère incontournable» (*Ibid.*, p. 61). En outre :

«Les deux disciplines, chacune à leur façon, permettent (...) d'appréhender, d'apprécier, de décrire, de conjecturer, d'investiguer, de raisonner, d'expliquer, de résoudre, de concevoir, de transformer et d'anticiper. Elles ont des préoccupations communes, par exemple :

- ☉ adopter un point de vue mathématique, scientifique ou technologique au regard de différentes situations ou de différents phénomènes;
- ☉ enrichir sa culture mathématique, scientifique et technologique;
- ☉ saisir les répercussions de ce domaine sur l'individu, la société et l'environnement.» (p. 227).

Cet intérêt n'est pas récent. Dès le début des années soixante le rapport Parent appelait au décroisement des disciplines. «L'intelligence aux multiples aspects qui correspond à l'humanisme de notre époque ne peut se développer dans un système scolaire cloisonné et compartimenté qui isole les disciplines les unes des autres» (Rapport Parent: Gouvernement du Québec, 1964, p.79).

Pour sa part, le conseil supérieur de l'éducation a émis plusieurs avis dans ce sens. «Si les éducateurs multipliaient les actions interdisciplinaires, ce serait non seulement chaque champ du savoir qui pourrait y gagner mais avant tout chaque élève qui arriverait à mieux comprendre les liens qui existent entre tous les apprentissages qu'il réalise.» (CSE, 1982)

Il recommandait dans son rapport «... que l'interdisciplinarité, ou l'intégration des matières, devienne un axe du développement pédagogique des prochaines années, tant pour le Ministère de l'éducation que pour les commissions scolaires» (CSE, 1982).

En somme, le recours à des approches interdisciplinaires dans l'enseignement entre mathématiques et sciences et technologies est une injonction institutionnelle forte au Québec. Elle pose cependant un grand défi pour les enseignants, tout particulièrement ceux des mathématiques, qui peuvent n'avoir reçu aucune formation en sciences durant leur formation initiale.

Par ailleurs, l'interdisciplinarité au secondaire implique non seulement des interactions entre des savoirs disciplinaires différents, mais aussi une collaboration entre les spécialistes de ces disciplines lors de la planification et lors de l'enseignement et de l'évaluation des apprentissages.

Dans son avis *L'appropriation locale de la réforme : un défi à la mesure de l'école secondaire*, le CSE (2003) souligne que «le regroupement des disciplines en grands domaines d'apprentissage diminue fortement le cloisonnement disciplinaire. L'interdisciplinarité appelle un travail de collaboration et de concertation entre les enseignantes et enseignants pour aménager des situations d'apprentissage et d'évaluation qui abordent plus d'une matière. L'approche par compétences implique la réalisation de projets globaux et intégrateurs et la résolution de problèmes complexes qui débordent le champ d'une seule discipline.» (p. 33).

Les enseignants de mathématiques et de sciences sont donc fortement invités à collaborer ensemble dans la planification, la réalisation et l'évaluation de situations d'apprentissage interdisciplinaires.

Dans une recherche récente, Hasni et ses collaborateurs (Hasni et al., soumis) ont étudié les pratiques déclarées de l'interdisciplinarité chez un échantillon de 89 enseignants du secondaire. La composition de cet échantillon est la suivante : 36 enseignent les sciences et technologie, et éventuellement d'autres matières mais pas les mathématiques (ST); 17 personnes enseignent les mathématiques et, éventuellement, les autres matières mais pas les sciences et technologies (M); 9 enseignent les sciences et technologies et les mathématiques (STM); et 27 prennent en charge les autres matières et n'enseignent ni les sciences et technologies, ni les mathématiques (AU). Les données ont été recueillies au moyen d'un questionnaire.

Dans une des questions, les enseignants devaient situer leur degré de recours à un enseignement favorisant les liens interdisciplinaires, en utilisant une échelle de 0 (jamais) à 9 (toujours). Les répondants situent leur pratique à une moyenne de 4,98 (écart-type: 2,64). Cependant, « environ la moitié des répondants qui prennent en charge soit les sciences et technologies soit les mathématiques (sous-échantillons ST et M) situent leurs pratiques entre 0 et 2;

un pourcentage équivalent de répondants qui prennent en charge les autres matières que les sciences et technologies ou les mathématiques (sous-échantillon AU) situent leur pratique entre 5 et 7. Les réponses de ceux qui prennent en charge en même temps les sciences et technologies et les mathématiques (STM) sont dans la moyenne générale (entre 3 et 5, pour la plupart d'entre eux).» (*ibid*)

Dans une autre question, Hasni et al. ont demandé aux enseignants de décrire en quelques lignes deux exemples de situations d'enseignement les plus significatives de leurs pratiques interdisciplinaires et de préciser les disciplines qui étaient concernées par ces situations¹. Les disciplines les plus citées sont dans l'ordre : le français (N = 35), les sciences humaines (N = 31) et les sciences et technologies (N = 28); les mathématiques viennent au quatrième rang (N = 18) avec les arts et musique (N = 18) et juste avant l'anglais (N = 13). (*ibid*).

Lorsqu'on tient compte du nombre de répondants qui enseignent chacune de ces disciplines, l'ordre d'importance change. Ce sont les sciences humaines, les arts et le français qui ont les ratios² de citation les plus élevés. Ces exemples sont suivis de l'anglais. Les sciences et technologies et les mathématiques ont un ratio de citation inférieur à 1 (*ibid*). Il ressort de ces résultats que pour une grande majorité des enseignants de mathématiques et de sciences (M et ST) les situations interdisciplinaires entre mathématiques et sciences ne sont pas les plus représentatives de leur pratique interdisciplinaire³. Si ces données confirment une tendance générale, nous sommes alors loin de la concrétisation d'une des priorités de la réforme actuelle, à savoir le recours à des pratiques interdisciplinaires entre mathématiques et sciences⁴.

2. Le concept de l'interdisciplinarité

Dans la littérature scientifique il existe une variété de termes pour désigner le décloisonnement disciplinaire. Pour clarifier la notion d'interdisciplinarité, nous utiliserons le cadre conceptuel développé dans les travaux (Hasni, 2001; Hasni et Lenoir, 2001; Lenoir, 1991; Lenoir et Sauvé, 1998a, 1998b). L'interdisciplinarité à l' cole consiste en «la mise en relation de deux ou plusieurs disciplines scolaires [...] et qui conduit à l'établissement de liens de complémentarité ou de coopération, d'interpénétration ou d'actions réciproques entre elles sous divers aspects (finalités, objets d'études, concepts et notions, démarches d'apprentissage, habilités techniques, etc.), en vue de favoriser l'intégration des processus d'apprentissage et des savoirs chez les élèves» (Lenoir et Sauvé, 1998a, p. 12).

Ainsi définie, «l'interdisciplinarité met l'accent sur deux aspects importants de l'intégration. Le premier est celui de la construction ou de la mobilisation, dans le cadre de situations éducationnelles appropriées, de concepts, d'habilités, de méthodes, de compétences, etc. propres aux disciplines impliquées. En ce sens, le concept d'interdisciplinarité permet de garder et d'affirmer la référence aux disciplines scolaires, à leurs spécificités et à leurs interrelations fécondes. Le

¹ 74 enseignants ont répondu à cette question. Parmi les 15 qui n'ont pas donné de réponse, 11 enseignent les sciences et technologies.

² Un ratio est défini comme le nombre de fois la discipline a été cité par les répondants divisé par le nombre d'enseignant de cette discipline parmi les répondants.

³ Les répondants du sous échantillon STM ont en majorité cité une situation interdisciplinaire entre mathématique et sciences et technologie.

⁴ Actuellement, la même enquête est effectuée auprès d'un échantillon plus large d'enseignants du secondaire.

deuxième aspect est celui qui consiste à considérer l'intégration plus qu'un produit (intégration prises en charge par le programme, les manuels ou les enseignants), mais comme processus qui se situe au cœur des démarches d'enseignement et d'apprentissage.» (Hasni et al., 2008)

En se basant sur une analyse critique des écrits scientifiques qui traitent de la mise en œuvre de l'interdisciplinarité, Hasni et Samson (à paraître) soulignent les points suivants qui doivent guider la planification de situations interdisciplinaires :

- L'interdisciplinarité ne consiste pas à nier le recours aux disciplines;
- L'interdisciplinarité ne peut s'improviser lors de l'action pédagogique en classe; elle nécessite, au préalable, une analyse curriculaire afin de déterminer les points de complémentarité et de convergence entre les différentes matières, puis une collaboration entre les spécialistes disciplinaires lors de la planification et lors de l'enseignement et de l'évaluation des apprentissages;
- L'interdisciplinarité doit se baser sur des relations égalitaires entre les disciplines;
- Les activités interdisciplinaires doivent poursuivre l'apprentissage des contenus et le développement des compétences visées par les programmes pour chacune des disciplines impliquées;
- L'interdisciplinarité n'est pas l'approche thématique, où le thème ne constitue qu'un déclencheur et un prétexte pour poursuivre des enseignements disciplinaires cloisonnés

3. Contexte de l'étude

Dans le cadre des recherches que nous menons actuellement au Centre de recherche sur l'enseignement et l'apprentissage des sciences (CREAS), nous collaborons depuis 3 années avec des enseignants de sciences et technologies et mathématiques (STM) du premier cycle du secondaire, dans le cadre d'un dispositif de recherche-développement-accompagnement. Nous poursuivons essentiellement deux principaux objectifs :

- Décrire la manière avec laquelle les enseignants abordent l'enseignement des STM avec leurs élèves;
- Soutenir les enseignants dans le recours à des approches et des ressources favorisant un meilleur apprentissage des STM par les élèves.

Au cours de l'année 2007-2008, le dispositif de recherche-accompagnement-formation a porté sur l'enseignement interdisciplinaire en mathématiques, sciences et technologie. Il s'est déroulé en trois temps. Dans un premier temps, en collaboration avec des conseillers pédagogiques, nous avons organisé 3 journées continues d'études auxquelles ont participé 28 enseignants et conseillers pédagogiques. Durant ces journées, l'équipe de recherche a apporté des éclairages théoriques sur la notion d'interdisciplinarité et a accompagné des enseignants de mathématiques et des enseignants de sciences et technologie réunis dans de petits groupes pour la planification de situations d'apprentissages interdisciplinaire en STM. Dans un deuxième temps, les enseignants ont expérimenté les situations planifiées dans leurs classes. Ces leçons sont filmées et font partie des données de recherche. Elles servent aussi, dans une troisième phase, de base de discussion lors des rencontres de retour réflexif sur ces expérimentations.

4. Objectifs

Dans ce texte, nous nous proposons de décrire la genèse d'une situation d'apprentissage interdisciplinaire élaborée par une équipe formée de deux enseignantes de mathématiques et de deux enseignantes de sciences et technologie lors de ces journées d'étude. Ce travail s'est déroulé sur deux journées.

Les données sont constituées de l'enregistrement sur bande vidéo (près de 8 heures d'enregistrement) du travail d'équipe ainsi que des documents de travail utilisés ou élaborés par le groupe des enseignantes.

Pour analyser l'enregistrement vidéo, nous l'avons découpé en grands épisodes, un épisode étant délimité par un sujet de discussion. Les données expérimentales sont formées par les narrations sélectives de ces épisodes. L'analyse du discours des enseignantes est alors faite selon des indicateurs particuliers : préoccupations de chacun des acteurs ; négociation des savoirs (concepts, habiletés, compétences, etc.) en sciences et technologies et mathématiques, négociation du déroulement de la situation; discours sur les liens entre mathématiques et sciences; discussion des contraintes contextuelles : curriculum, organisation de la classe, et de l'école, niveau scolaire; les ressources.

Enfin, une analyse des documents de travail permet d'évaluer le potentiel interdisciplinaire des situations discutées (non retenues et retenues) et de le confronter aux choix faits par le groupe.

5. Présentation des résultats

Nous identifierons les enseignantes par des noms d'emprunt. Mathilde : enseignante de mathématiques, Marie-Soleil, enseignante de mathématique et de sciences pour une classe d'élèves en difficulté d'apprentissage, Solange et Sophie: deux enseignantes de sciences et technologie. Les quatre enseignantes ont en charge une classe du premier cycle du secondaire.

Avant de présenter le déroulement général, décrivons brièvement les situations explorées

Les situations explorées

a) Conception d'un planétaire

Un planétaire est une maquette représentant le système Soleil-Terre-Lune ainsi que leurs mouvements respectifs. C'est un projet initialement en technologies proposé dans des séances de formation continue des enseignants de sciences et technologies de la commission scolaire des Hauts Cantons. L'intention pédagogique selon ses concepteurs est de permettre à l'élève de s'approprier les mouvements relatifs de la Lune et de la Terre par rapport au Soleil, d'en saisir les caractéristiques et de commencer à définir le concept de « gravitation universelle ». Les contenus de formation visés sont : *Le système solaire ; les phases de la lune; les éclipses;* *le cycle du jour et de la nuit, pour l'univers scientifique et, le cahier des charges; le schéma de principe et de construction; les fonctions mécaniques simples ; les mécanismes de transmission du mouvement pour l'univers technologique (engrenages, poulies et courroie, roues de friction, chaîne et roues dentées, vis sans fin et roue dentée). Les concepteurs ne font aucun lien avec des contenus mathématiques, bien que les interactions entre cette situation et les mathématiques du premier cycle du*

secondaire sont nombreuses : calcul proportionnel, fonctions linéaires (opérateur fraction) ; généralisation.

b) La situation «la distance a-t-elle de l'importance ?»

La situation originale est proposée par le Planétarium de Montréal; elle est disponible sur son site internet (<http://www.planetarium.montreal.qc.ca>). L'intention pédagogique poursuivie est de montrer expérimentalement que la distance entre la terre et le soleil n'a pas une influence sur les saisons.

Les élèves mesurent le diamètre apparent du Soleil sur 12 photographies prises à un mois d'intervalle (d'un même lieu) et calculent la distance approximative entre la Terre et le Soleil pour chaque observation (voir annexe). Ces distances sont obtenues en multipliant l'inverse du diamètre apparent par un **facteur de conversion** donné par le professeur (nous y reviendrons plus loin)

Les élèves inscrivent ces données sur un graphique et devraient inférer que :

- 1) les saisons ne sont pas causées par la variation de la distance entre la Terre et le Soleil, et que :
- 2) l'orbite de la Terre n'est pas un cercle mais une ellipse dont l'excentricité (aplatissement) est toutefois faible.

Cette situation est présentée comme une situation interdisciplinaire entre les mathématiques et les sciences et technologie faisant appel à des concepts de sciences (les saisons) et de mathématiques (la moyenne, les fractions, approximation).

L'enjeu de la situation réside dans la découverte par les élèves que la distance entre la terre et le soleil prise chaque mois de l'année n'est pas constante. L'orbite de la terre autour du soleil n'est donc pas circulaire. De là à conclure que c'est une ellipse, il y a une distance que les concepteurs n'hésitent pas à franchir. Mais on peut comprendre que l'ellipse est comprise à ce niveau de manière qualitative. Le problème est ailleurs, dans le facteur de conversion. En effet, pour montrer que l'orbite de la Terre autour du soleil n'est pas circulaire, la constatation que le diamètre apparent du soleil n'est pas constant durant l'année est un argument suffisant. Mais pour l'explication du phénomène des saisons, les concepteurs ont besoin d'une représentation graphique de cette orbite, même approximative. Pour cela, il est nécessaire de connaître la distance Terre-Soleil à 12 moments différents de l'année.

Les élèves n'ont aucun moyen de calculer la distance entre la Terre et le Soleil à partir seulement de photographies des diamètres apparents du Soleil! D'où la nécessité d'introduire le coefficient de conversion, soit un moyen qui permet de convertir les diamètres apparents en distances Terre-Soleil. On peut dans ce cas se questionner sur le caractère expérimental de la démarche des élèves, puisque le rationnel du calcul des distances Terre-Soleil à partir de données observables échappe aux élèves. Quel est ce rationnel ?

Voici comment les concepteurs définissent le coefficient de conversion.

Le facteur de conversion se calcule en multipliant la distance approximative entre la Terre et le Soleil⁵, soit 150 000 000 km, par la moyenne des longueurs des 12 bandes apparaissant sur la fiche de l'élève no 2 (voir annexe).

Exemple : Si le diamètre solaire moyen sur les reproductions est de 114,25 mm, le facteur de conversion est $114,25 \times 150\,000\,000$ soit 17 137,5 millions de km • mm. Les élèves devront diviser ce nombre par leur mesure de la

⁵ On sait que cette distance varie entre 147 à 152 millions de kilomètres.

longueur de chaque bande pour obtenir la distance approximative Terre-Soleil en millions de kilomètres.

Si D désigne la distance approximative entre la Terre et le Soleil, $d_i, i=1,2,3,\dots,12$ sont les 12 diamètres apparents du Soleil calculés expérimentalement, d leur moyenne arithmétique, et $D_i, i=1,2,3,\dots,12$ la distance Terre-Soleil au mois i , alors : $D_i = \frac{D \times d}{d_i}$.

Puisque : $\frac{D_i}{D} = \frac{d}{d_i}$ on suppose que le rapport entre la distance réelle Terre-Soleil

au mois i est la distance approximative Terre-Soleil est égal au rapport entre la moyenne des 12 diamètres apparents du Soleil est le diamètre du soleil apparent au mois i . On fait donc l'hypothèse que le diamètre apparent du soleil et la distance Terre-Soleil varient de manière inversement proportionnelle. On peut admettre la vraisemblance de cette hypothèse, mais son explicitation et sa discussion ne sont pas portée à l'attention des élèves. La compréhension du rôle et de la logique de ce coefficient de conversion est capitale dans une réflexion interdisciplinaire entre mathématiques et sciences, la négliger revient à négliger le rôle moteur de la pensée mathématique dans cette démarche expérimentale en sciences.

c) La situation « Je brûle pour toi »

Cette situation est inspirée d'une situation proposée dans un manuel de sciences et technologies. L'intention de la situation originale est l'étude des changements de phases au moyen de la réalisation d'un projet technologique. Les enseignantes ont changé quelques variables didactiques de la situation pour intégrer des tâches mathématiques. Voici une brève description du projet final :
Projet technologique:

Temps 1: fabrication d'une bougie de 75 grammes; la cire est formée de trois substances : stéarine (3/28 de la masse); paraffine et du colorant (1/8 de la masse).

Temps 2: calcul du volume du moule en utilisant la masse volumique de la cire 0,9g/mL (donnée par l'enseignante!).

Temps 3: calcul du coût de fabrication (à partir d'une liste de prix de 3 magasins en utilisant différents types de taux (ex. Stéarine: a-4,95\$ paquet de 113g; b-9,99\$ paquets de 250g; c-0,05\$/gramme); exonération de taxes, rabais en %; différentes unités (livre, Kg, g)

Les connaissances mathématiques visées dans cette activité sont essentiellement de l'ordre du calcul de pourcentages et d'opérations sur les fractions. Ces tâches suscitent peu d'interactions entre des connaissances de sciences et de mathématiques. La notion de masse volumique de la cire est, dans ce sens, potentiellement riche, mais son calcul n'est pas laissé à la charge des élèves. Nous reviendrons sur ce point plus loin.

Le déroulement général de la discussion entre les enseignants

La première situation discutée est celle de la construction d'un planétaire.

La situation est proposée par Solange. À la demande de Mathilde, elle explique en quoi elle consiste. Mathilde demande s'il ne serait pas intéressant de

demander aux élèves de construire une maquette à l'échelle afin d'intégrer les mathématiques et les sciences. Mathilde y voit un potentiel pour le travail sur les proportions et les figures semblables.

Solange répond que c'est impossible si les élèves devaient respecter les proportions de distance Soleil-Terre-Lune et les diamètres des astres. En effet, pour pouvoir représenter ce système dans un espace plan de taille raisonnable il est indispensable d'utiliser une double échelle : une pour les distances et une pour les diamètres des astres.

Solange avance que cette situation permet d'étudier le phénomène de changement de saisons, et que la notion d'angle y est importante.

Mathilde demande s'il y a des angles alternes internes, alternes externes, complémentaires ou autres notions au curriculum de première secondaire. Solange répond non.

Mathilde précise que s'il ne s'agit que de mesurer des angles, ce n'est pas suffisant. C'était au curriculum du primaire.

Devant la difficulté de bien arrimer des connaissances en mathématiques et en sciences des programmes d'étude, Marie-Soleil propose la situation *La distance est-elle importante ?* du planétarium de Montréal dans laquelle les concepteurs identifient à la fois les compétences visées en sciences et en mathématiques.

Après la lecture de la situation, Mathilde voit dans le coefficient de conversion un potentiel mathématique à explorer. Elle tente de comprendre son fondement, sans succès. Les autres enseignantes n'arrivent pas à l'aider. Le groupe arrive à la conclusion que «les contenus en astronomie et en mathématiques au programme du 1^{er} cycle sont mal arrimés».

Sophie suggère alors une situation tirée d'un manuel de sciences pour travailler la notion de changement de phases. Sophie explique la démarche expérimentale que doivent réaliser les élèves. Mathilde y voit plusieurs opportunités pour intégrer des tâches mathématiques de calcul de pourcentage et de raisonnement proportionnel. Le temps de la discussion restant est consacré à la planification et au réglage des variables didactiques en tentant de complexifier le plus possible les tâches de calculs proposés aux élèves.

Quelques résultats d'analyse

Tout au long des échanges, les idées initiatrices proviennent presque exclusivement des enseignantes de sciences. Ces idées s'inspirent de situations connues en sciences et technologie, tirées de divers ressources didactiques (formation continue, site de musée, manuel scolaire). La discussion se centre ensuite sur l'intégration de contenus mathématiques qui satisfait l'enseignante de mathématiques Mathilde. À aucun moment les mathématiques n'étaient le point de départ de la discussion pour l'élaboration d'une situation d'apprentissage interdisciplinaire.

Plusieurs moments de blocage ont eu lieu lors des échanges. Diverses raisons expliquent ces blocages. La première tient au potentiel mathématique de la situation explorée, jugé pauvre essentiellement par Mathilde. Le groupe des enseignantes avait le souci de construire une situation d'apprentissage pouvant permettre des apprentissages significatifs en mathématiques et en sciences. Bien que le point de départ soit une situation d'apprentissage en sciences et technologies, sous l'impulsion de Mathilde, le groupe essayait d'intégrer des mathématiques dans cette situation. Cette exigence de Mathilde obligeait le groupe à analyser de manière non superficielle le potentiel

mathématique de la situation. Pour Mathilde, en effet, il n'était pas suffisant d'annoncer que dans une telle situation des concepts mathématiques soient en jeu; il fallait qu'un apprentissage nouveau prescrit par le programme soit possible. Le mettre en évidence exige une analyse fine des interactions entre des concepts mathématiques et les phénomènes scientifiques, de refaire notamment le travail de modélisation. Or, les connaissances limitées de Mathilde en sciences, d'une part et, la difficulté des enseignantes de sciences de réactualiser le lien entre le modèle mathématique et ce qu'il modélise d'autre part, ne facilitaient pas cette analyse. Par exemple, Mathilde ne voyait pas la nécessité de la double échelle dans la situation conception d'un planétaire. De leur part, les enseignantes de sciences n'arrivaient pas à comprendre la logique du coefficient de conversion dans la situation *La distance a-t-elle de l'importance*. Sans la demande insistante de Mathilde, elles ne se seraient peut-être pas posées la question, qui semble être non essentielle pour les concepteurs de la situation.

Face à ce travail collaboratif de planification d'une situation interdisciplinaire entre mathématiques et sciences-technologies, les enseignantes de sciences-technologies et de mathématiques occupent des positions asymétriques. En effet, lors des échanges, nous avons noté que les enseignantes de sciences-technologies proposaient des thèmes dans leur domaine en sciences et indiquaient des contenus mathématiques en jeu dans ces thèmes. Elles ont certaines connaissances des mathématiques enseignées au secondaire, mais elles restent au niveau de l'application de modèles mathématiques (les mathématiques sont souvent exploitées pour le calcul et la représentation des données expérimentales). L'enseignante de mathématiques, quant à elle, se trouvait souvent dans la position de chercher à comprendre les phénomènes scientifiques pour greffer des contenus mathématiques du programme de secondaire. Elle était amenée à réfléchir au niveau de la construction des modèles mathématiques.

Les situations exploitées sont potentiellement riches en interactions entre mathématiques et sciences. Cependant, le groupe n'a pas exploité ces possibilités, pour les raisons que nous venons d'expliquer. La notion de masse volumique utilisée dans la situation *Je brûle pour toi* en est un exemple. Sa construction offre une belle opportunité pour un travail interdisciplinaire. Ce concept modélise la relation entre la masse et le volume d'une substance homogène (liquide, solide ou gazeuse). Il exprime un phénomène important: dans des conditions de non variation de la pression atmosphérique et de la température, la masse croît de manière linéaire en fonction du volume. Le rapport de la masse d'une substance par son volume est toujours constant. Cette constante qui s'exprime en kg/m^3 est la masse volumique de cette substance.

D'un point de vue mathématique, la compréhension de cette notion nécessite un travail de généralisation, un objectif d'apprentissage au programme de mathématique de secondaire 1 : pressentir la régularité, la formuler, la justifier. Elle peut donner lieu à une démarche expérimentale. En outre, elle soulève un grand nombre de questions dont la réponse est à chercher du côté des sciences : pourquoi une telle relation entre la masse et le volume? Pourquoi deux substances différentes ont des masses volumiques différentes? (deux variables déterminent la masse volumique: la structure moléculaire qui influe sur le pavage de l'espace, la nature de la substance qui influent sur la masse d'une molécule).

6 En guise de conclusion

Cette étude exploratoire soulève toute la difficulté qu'ont des enseignants de mathématiques et de sciences et technologie à élaborer conjointement des situations d'apprentissages interdisciplinaires. Notre groupe d'enseignantes a été placé dans des conditions de collaboration pourtant très favorables: elles croient en la pertinence des approches interdisciplinaires puisqu'elles ont participé volontairement aux journées d'études ; elles ont été libérées de leur charge habituelle d'enseignement pour se consacrer pendant trois journées entièrement à l'élaboration de situations interdisciplinaires entre mathématiques et sciences; elles ont réfléchi sur leurs pratiques interdisciplinaires et sur les caractéristiques d'une telle approche pédagogique avec des collègues et des chercheurs en didactiques des mathématiques et des sciences; pendant les deux journées de leur travail de conception de situations interdisciplinaires elles avaient accès à des personnes ressources, des conseillers pédagogiques, des chercheurs en sciences, en génie, en didactique des mathématiques et en didactique des sciences.

Dans cette étude de cas, nous avons remarqué que dans la genèse d'une situation d'apprentissage interdisciplinaire entre mathématiques et sciences le point de départ sont des situations en sciences, jamais celles de mathématiques. Par ailleurs, cette étude montre toute l'importance pour les enseignantes de mathématiques et de sciences d'avoir des connaissances de l'autre champ disciplinaire leur permettant de comprendre les interactions entre les deux disciplines, tout particulièrement dans le cadre des contenus enseignés à un même niveau d'études. Aussi, elle met à jour le problème de la formation initiale et continue des enseignants de mathématiques et de sciences pour les préparer ou les accompagner à recourir dans leur enseignement à une approche interdisciplinaire entre mathématiques et sciences-technologies.

Une des voies qui nous semble à explorer en formation initiale et continue est la modélisation mathématique comme occasion d'un travail interdisciplinaire et comme sujet de collaboration entre enseignants de sciences et technologie et enseignants de mathématiques.

Références

CONSEIL SUPERIEUR DE L'EDUCATION (1982). *Le sort des matières dites "secondaires" au primaire* (Avis au ministre de l'Éducation). Québec: Conseil supérieur de l'éducation.

CONSEIL SUPÉRIEUR DE L'ÉDUCATION (2003). *L'appropriation locale de la réforme : un défi à la mesure de l'école secondaire*. Avis au ministre de l'Éducation, du Loisir et du Sport. Québec : Conseil supérieur de l'éducation.

GOUVERNEMENT DU QUÉBEC (2001). *Programme de formation de l'école québécoise. Éducation préscolaire et enseignement primaire*. Québec : Ministères de l'éducation.

GOUVERNEMENT DU QUÉBEC (1964). *Rapport de la Commission royale d'enquête sur l'enseignement dans la province de Québec (Rapport Parent). Tome 2 : la structure pédagogique du système scolaire*. Québec: Commission royale d'enquête sur l'enseignement dans la province de Québec.

GOUVERNEMENT DU QUÉBEC (2004). *Programme de formation de l'école québécoise. Enseignement secondaire, 1^{er} cycle*. Québec : Ministères de l'éducation.

HASNI, A., LENOIR, Y., LAROSE, F., SAMSON, G., BOUSADRA, F. & C SATIRO DOS SANTOS C. (2008). Enseignement des sciences et technologies et interdisciplinarité: point de vue d'enseignants du secondaire québécois sur leurs pratiques. In A. Hasni et J. Lebeaume (dir.), *Interdisciplinarité et enseignement scientifique et technologique* (75-110). Sherbrooke-Lyon : Éditions du CRP-INRP.

HASNI, A. (2001). *Les représentations d'une discipline scolaire – l'activité scientifique – et de sa place au sein des autres disciplines formant le curriculum chez des instituteurs marocains*. Thèse de doctorat (Ph.D.), Université de Sherbrooke.

HASNI, A. ET LENOIR, Y. (2001). La place de la dimension organisationnelle dans l'interdisciplinarité: les facteurs influençant les pratiques de recherche et d'enseignement. In Y. Lenoir, B. Rey, I. Fazenda (dir.), *Les fondements de l'interdisciplinarité dans la formation à l'enseignement*. Sherbrooke: Éditions du CRP. (p. 179-204).

HASNI, A. ET SAMSON, G. (à paraître). La question de l'intégration dans le référentiel des compétences professionnelles au Québec: enjeux et défis pour la formation à l'enseignement des sciences. In Y. Lenoir. et M. Bru. (dir), *Les référentiels dans la formation à l'enseignement. Quels référentiels pour quels curriculums?* Sherbrooke : Éditions du CRP.

LENOIR, Y. (1991). *Relations entre interdisciplinarité et intégration des apprentissages dans l'enseignement des programmes d'études du primaire au Québec*. Thèse de doctorat (nouveau régime) en sociologie, Université de Paris 7, Paris.

LENOIR, Y ET SAUVE, L. (1998a). L'interdisciplinarité et la Formation à l'enseignement primaire et secondaire: quelle interdisciplinarité pour quelle formation? Introduction du numéro thématique: Interdisciplinarité et formation à l'enseignement primaire et secondaire. *Revue des sciences de l'éducation*, XXIV (1), 3-29.

LENOIR, Y. ET SAUVE, L. (1998b). De l'interdisciplinarité scolaire à l'interdisciplinarité dans la formation à l'enseignement: un état de la question. 1. Nécessité de l'interdisciplinarité et rappel historique. *Revue française de pédagogie*, 124, 121-153.

**HASSANE SQUALLI, LAURENT THEIS, ABDELKRIM HASNI
& DAVID BENOIT**

Centre de recherche sur l'enseignement et l'apprentissage des sciences,
mathématiques et technologie (CREAS) ; Université de Sherbrooke, Québec,
Canada

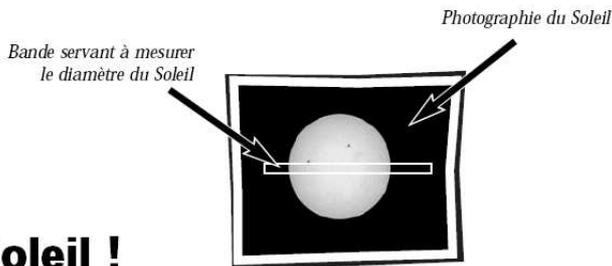
Hassane.Squalli@USherbrooke.ca

Abdelkrim.Hasni@USherbrooke.ca

David.Benoit@USherbrooke.ca

Annexe

FICHE DE L'ÉLÈVE 2



Calcule la distance entre la Terre et le Soleil !

Après avoir mesuré précisément et noté la longueur des bandes représentant le diamètre apparent du Soleil pour chacune des dates indiquées dans la colonne de gauche, calcule la distance Terre-Soleil en te servant du facteur de conversion qui te sera fournie par ton professeur. Note ta réponse dans la colonne de droite.

Facteur de conversion :

Date des photographies	Longueur mesurée <small>(en millimètres)</small>	Distance calculée <small>(en millions de kilomètres)</small>
12 janvier ▶▶		_____
11 février ▶▶		_____
26 mars ▶▶		_____
10 avril ▶▶		_____
23 mai ▶▶		_____
15 juin ▶▶		_____
12 juillet ▶▶		_____
17 août ▶▶		_____
14 septembre ▶▶		_____
15 octobre ▶▶		_____
15 novembre ▶▶		_____
15 décembre ▶▶		_____

La distance a-t-elle de l'importance ? © 2004 Planétarium de Montréal — 2004.09.30