

Prise en compte d'une ontologie des savoirs dans la construction d'un profil d'apprenant

Sonia Mandin, Nathalie Guin

Université de Lyon, CNRS
Université Lyon 1, LIRIS, UMR 5205, F-69662, France
{Sonia.Mandin,Nathalie.Guin}@univ-lyon1.fr

Résumé : L'objectif du travail décrit dans cet article est d'élaborer informatiquement des profils de compétences d'élèves de cycle 3 rendant compte de la maîtrise de savoir-faire répertoriés dans une ontologie. Pour concevoir de tels profils, nous identifions quatre besoins : un besoin de référentiel dans lequel les savoirs sont organisés, un besoin d'identification des savoir-faire mis en œuvre dans les productions des apprenants, un besoin de délimitation des critères évaluatifs et enfin, un besoin de modèle de diagnostic de la maîtrise des savoir-faire à partir des productions. Nous expliquons ainsi le cheminement vers le calcul de trois types de valeur de maîtrise pour chaque savoir évalué. La société Educlever a développé un environnement éducatif qui permet d'évaluer les élèves via des QCM. Ces évaluations sont prises en compte via le modèle de diagnostic que nous proposons afin d'obtenir un profil de chaque élève.

Mots-clés : Profil d'apprenant, modèle de diagnostic, ontologie, évaluation des savoirs

1 Introduction

L'une des préoccupations du système éducatif est l'amélioration de la transmission des savoirs et de son évaluation. Depuis 2005, une loi française d'orientation et de programme pour l'avenir de l'Ecole instaure un socle commun de connaissances et de compétences. Il liste ce que tout élève doit maîtriser à l'issue de son cursus scolaire obligatoire. Différents axes de recherche concourent à cela tels que ceux qui se focalisent sur le curriculum des programmes (Beaucher, 2011). Les savoir-faire à maîtriser demeurent toutefois très étendus, obligeant les systèmes éducatifs à « *se doter d'instruments capables de les aider à évaluer les objectifs qu'ils se sont fixés et de mettre en œuvre les mesures les plus à même de les atteindre* » (Philippe Guimard, 2010).

Le projet « *Cartographie des savoirs* », rassemblant la société Educlever et les laboratoires LIG (Laboratoire Informatique de Grenoble) et LIRIS (Laboratoire d'InfoRmatique en Image et Systèmes d'information), s'intéresse à l'amélioration de l'évaluation des élèves de cycle 3 en cartographiant leurs savoir-faire en mathématiques et en français. Nous nous inscrivons pour cela dans une démarche d'ingénierie pédagogique telle que décrite par Paquette (2004) à savoir que nous suivons une « *méthodologie soutenant l'analyse, la conception, la réalisation et la planification de l'utilisation des systèmes d'apprentissage, intégrant les concepts, les processus et les principes du design pédagogique, du génie logiciel et de l'ingénierie cognitive* ». Dans ce cadre, une des contributions de l'équipe du LIRIS concerne la représentation et la mise à jour d'un profil représentant les savoir-faire évalués de l'apprenant. Nous travaillons plus particulièrement sur les processus évaluatifs et la représentation des résultats d'évaluation. Notre objectif est d'outiller élèves, enseignants et formateurs dans le but de favoriser un enseignement disciplinaire davantage centré sur les savoir-faire propres à chaque apprenant.

Pour concevoir un système générant des profils de savoir-faire des apprenants, nous identifions quatre besoins : un besoin de référentiel dans lequel les savoirs sont organisés, un besoin d'identification des savoir-faire mis en œuvre dans les productions des élèves, un besoin de délimitation des critères évaluatifs et enfin, un besoin de modèle de diagnostic du taux de maîtrise des savoir-faire à partir des évaluations réalisées par un apprenant.

Après une partie théorique dans laquelle nous présentons la notion de profil d'apprenant, nous exposons nos réflexions sur une façon de satisfaire chaque besoin énoncé.

2 Profils, profils ouverts et profils évolutifs

Un profil d'apprenant est un modèle « *contenant diverses informations [sur l'apprenant] exprimées en termes de compétences, connaissances, conceptions ou comportements susceptibles d'aider l'enseignant ou le tuteur dans sa tâche de suivi* » (Eyssautier-Bavay, 2008, p. 23). On pourrait également ajouter à cette énumération des caractéristiques cognitives expliquant les processus d'apprentissage (Moulet *et al.*, 2008). Les contenus possibles d'un profil sont donc vastes. Ils sont déterminés en fonction des objectifs qu'on leur accorde (*e.g.* favoriser la régulation de l'apprentissage) (Eyssautier-Bavay *et al.*, 2009). Ces objectifs sont liés aux utilisations ciblées et déterminent les informations à collecter pour obtenir les représentations attendues.

Un profil d'apprenant est parfois construit pour les besoins spécifiques du système (*e.g.* dans Rafales, pour proposer de nouvelles lectures aussi proches que possibles des connaissances de l'apprenant (Zampa & Lemaire, 2005). Il ne sera alors pas forcément visualisable par les utilisateurs. Dans d'autres cas, le profil est affiché à l'apprenant lui-même et/ou à d'autres acteurs de l'apprentissage (enseignants, institution, etc.) (*e.g.* dans PÉPITE pour proposer un diagnostic de connaissances aux enseignants (Jean-Daubias, 1999) ; dans EPROFILEA, pour proposer des profils d'apprenants aux enseignants et leur permettre de sélectionner les vues de ces profils à afficher (Ginon & Jean-Daubias, 2012). On parlera alors de profils ouverts.

L'ouverture des profils aux apprenants motive ces derniers en leur apportant une meilleure connaissance de leurs savoirs et compétences parfois en regard d'un référentiel ou de pairs (Kay, 1997). En outre, l'ouverture des profils à des tiers, favorise compétition et réflexion personnelle chez l'apprenant (Bull *et al.*, 2005). Enfin, les enseignants bénéficient de l'ouverture des profils au niveau du suivi pédagogique de leurs élèves, de l'adaptation et de l'individualisation de leurs enseignements (Girard & Johnson, 2007).

Les profils peuvent aussi rendre compte de l'évolution des connaissances chez les apprenants (Ginon *et al.*, 2011). On distinguera pour cela deux approches non exclusives : une approche structurelle et une approche intégrative.

Une première approche dans le choix de la structure de profils évolutifs est une approche que nous qualifions de structurelle. Elle s'intéresse à la structure des informations enregistrées dans le profil au fur et à mesure des évaluations de l'apprenant. C'est par exemple le cas aujourd'hui dans l'environnement EPROFILEA (Ginon *et al.*, 2011). Cet environnement permet à l'enseignant de rassembler dans un profil unifié, des informations sur ses élèves provenant de sources hétérogènes et recueillies à différentes périodes de l'année. Ces informations sont enregistrées selon une structure définie par le langage de modélisation de profils PMDL. La structure prévoit que chaque évaluation sur les élèves soit associée à une date et à une échelle de notation. Avec cette approche, le profil de l'élève est augmenté sans que les informations préalablement stockées ne soient modifiées. L'évolution du profil est conservée grâce au stockage d'une succession d'enregistrements datés. Cette approche laisse la possibilité de comparer les informations recueillies ou d'en extraire des connaissances plus complexes à tout moment (*e.g.* pour observer des progrès dans les apprentissages).

Une seconde approche dans le choix de la structure de profils évolutifs peut être qualifiée d'intégrative. Les réflexions sur le profil sont alors centrées sur l'analyse progressive des

traces dans un modèle plus global à l'apprenant. Le profil ne doit alors plus s'entendre comme une succession d'enregistrements des évaluations des apprenants mais comme une succession d'états représentatifs de l'apprenant. Par exemple, il est possible de considérer comme profil, une représentation de la mémoire sémantique d'un individu mise à jour au fur et à mesure de la lecture de textes (Zampa & Lemaire, 2005). Dans cette approche, si l'évolution du profil est observable, c'est parce que les états successifs relatifs à l'apprenant sont enregistrés.

Les deux approches, structurelle et intégrative, ne s'excluent pas l'une l'autre. L'approche structurelle permet de retracer aisément le parcours des apprenants car les informations stockées ne sont pas altérées au cours du temps (Ginon *et al.*, 2011). Toutefois, elle ne définit pas les mécanismes d'intégration des connaissances à un modèle global de l'apprenant. En conséquence, une approche intégrative peut aussi être adoptée pour déterminer la structure de profils évolutifs d'apprenants. Elle permettrait de rendre compte de la maîtrise de savoir-faire tout en tenant compte de la chronologie et de l'échelle des évaluations sur une période restreinte.

Nous cherchons à créer un profil d'apprenant qui répondra à des exigences portant sur son contenu et sur sa structure en fonction d'objectifs fixés. L'un des objectifs de notre projet est la construction de profils représentant les savoir-faire d'élèves de cycle 3 (les apprenants) dans deux disciplines que sont les mathématiques et le français. Ces profils doivent être accessibles aux élèves concernés et à leurs enseignants. Ils ont comme finalité de situer les élèves dans leur processus d'apprentissage pour en permettre ensuite une personnalisation. Pour ce faire, nous identifions quatre besoins :

- 1 Un besoin de référentiel de connaissances : il s'agit de se doter d'un modèle représentant les savoir-faire qui ocurrent dans les programmes scolaires avec les liens qu'ils entretiennent entre eux.
- 2 Un besoin d'identification des savoir-faire mis en œuvre dans les productions des élèves : les élèves sont évalués à partir d'exercices (ici, les réponses fournies à des QCM) qui traduisent la bonne ou mauvaise maîtrise de types de tâche spécifiques. Ces types de tâche sont à lier au référentiel de connaissances dont la structure permettra de rendre compte de l'état de maîtrise des savoir-faire des élèves tout en servant de structure organisationnelle aux résultats évaluatifs.
- 3 Un besoin de délimitation des critères évaluatifs : l'évaluation d'un apprenant peut être absolue (les tâches réussies sont... celles échouées sont...) ou relative à des attentes (parmi les tâches nécessaires à maîtriser, celles qui le sont vraiment sont...).
- 4 Un besoin de modèle de diagnostic du taux de maîtrise des savoir-faire à partir des exercices réalisés : la maîtrise d'un savoir-faire s'observe à travers des actions. Elle est notamment dépendante de la situation observée, de sa récence et de la capacité de l'individu à reproduire son comportement.

Nous décrivons à présent comment nous proposons de répondre à chacun de ces besoins dans le cadre du projet « *Cartographie des savoirs* ».

3 Un besoin de référentiel de connaissances

La transposition didactique des savoirs définit une « *attitude scientifique sur les questions d'enseignement* » (Mercier, 2002, p.140). Elle rend compte du passage des savoirs qui sont estimés nécessaires à enseigner en objets d'enseignement (Chevallard & Mary-Alberte, 1991).

Chevallard (Chevallard & Mary-Alberte, 1991 ; Mercier, 2002), principal acteur de cette théorie, émet l'idée que les savoirs à enseigner sont différents des savoirs savants tout en demeurant relativement proches. Le passage des savoirs savants aux savoirs à enseigner nécessite donc une transposition qui est définie par la *noosphère* (ensemble des institutions

qui délimitent les programmes scolaires, les manuels, etc.). Toutefois, les savoirs réellement enseignés ne sont pas exactement les savoirs qui sont à enseigner et encore moins les savoirs qui seront assimilés par les apprenants. Ces savoirs sont définis comme étant des *organisations praxéologiques* (Chaachoua, 2010 ; Chevallard, 1992). Ils renvoient à des types de tâche réalisables par des techniques, centrés sur des technologies et formés autour de théories. Chaque organisation praxéologique est ainsi un savoir qui permet d'effectuer des tâches relatives à un même type de tâche.

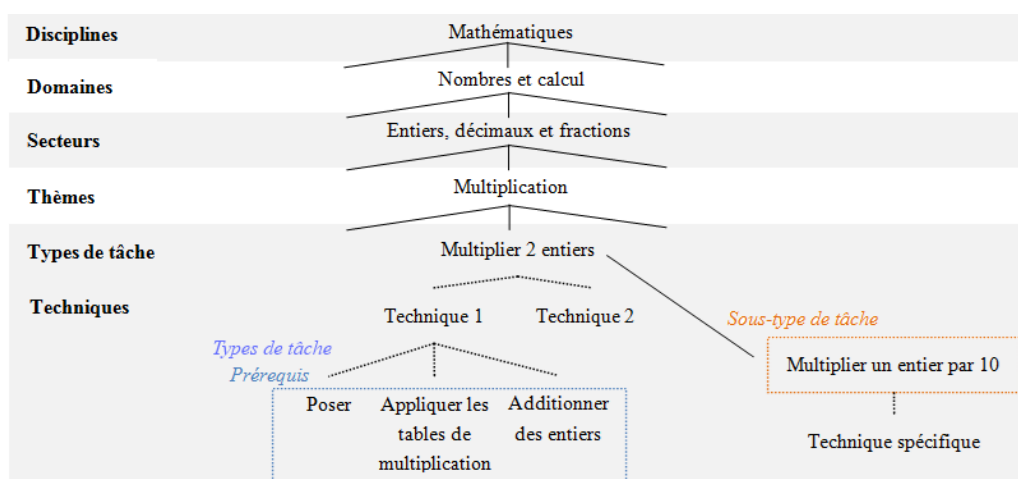
Les praxéologiques sont partagées par la communauté de pratique des enseignants et sont dans le cadre de notre projet représentées par l'équipe du LIG (Chaachoua, 2010) dans une ontologie des savoirs. L'ontologie décrit les rapports entre types de tâche, techniques et technologies (cf. descriptions ci-dessous), et leur présence ou non dans des programmes découpés en un ensemble de disciplines, domaines, secteurs et thèmes. L'ontologie résultante est appelée *Ontoprax* (Chaachoua *et al.*, 2013). Elle représente une organisation des savoir-faire attendus par l'institution et listés à partir des pratiques observées.

Plus précisément, dans cette ontologie, on définit un *type de tâche* par l'ensemble des tâches réalisables par la (ou les) même(s) technique(s) impliquant elle(s)-même(s) la mise en œuvre d'autres types de tâche. Des types de tâche peuvent ainsi être liés entre eux par des relations de prérequis. Par exemple, dans l'exemple de la figure 1, pour multiplier deux entiers par une technique de la multiplication posée, des types de tâche prérequis (types de tâche encadrés en bleu) sont de poser correctement la multiplication en colonne, de multiplier tour à tour les chiffres du multiplicateur par les chiffres composant le multiplié, d'écrire correctement les résultats en dessous de la barre de multiplication puis de réaliser les types de tâches relatifs à la technique de l'addition résultante.

Il arrive qu'un type de tâche puisse être réalisé par une technique commune à un autre type de tâche en plus de pouvoir l'être par une technique plus spécifique qui lui est propre. En ce cas, on considèrera que ce type de tâche est le sous-type de tâche d'un type de tâche plus général. Des types de tâche peuvent donc aussi être liés entre eux par des relations de sous-types de tâche. Dans l'exemple de la figure 1, pour multiplier deux entiers, la technique générale de la multiplication posée peut être utilisée. Cette technique peut aussi être utilisée pour multiplier un entier par 10 (sous-type de tâche encadré en orange) mais en ce cas, une autre technique plus spécifique existe aussi, celle de simplement ajouter un 0 à la fin du multiplié.

Enfin, les *technologies*, éléments théoriques justifiant les techniques, permettent le regroupement des types de tâche dans des ensembles plus larges, les *thèmes* (e.g. techniques opératoires de la multiplication). Ils sont reliés, en fonction de pratiques institutionnelles, à des *secteurs* (e.g. entiers, décimaux et fractions), eux-mêmes assemblés en *domaines* (e.g. nombre et calculs) rattachés à des *disciplines* (e.g. mathématiques) (cf. la partie haute de la figure 1).

FIGURE 1 – Représentation simplifiée d'Ontoprax.



Ontoprax (Chaachoua *et al.*, 2013) est peuplée à partir de praxéologies identifiées à travers des programmes et des manuels scolaires. Ce travail n'est pas complètement achevé mais porte déjà sur 75 praxéologies. Il est réalisé par le LIG et la société Educlever.

4 Un besoin d'identification des savoir-faire mis en œuvre dans les productions des élèves

Ontoprax (Chaachoua *et al.*, 2013) nous fournit un modèle des savoir-faire dont nous cherchons à évaluer la maîtrise. Le processus évaluatif conduit à observer la mise en œuvre de savoir-faire à travers des exercices. Différents exercices peuvent être proposés. Dans un objectif d'automatisation de l'évaluation, nous les limitons actuellement aux questions à choix multiples (QCM).

Deux approches évaluatives sont identifiées par Orell (1996). La première est qualifiée de naturelle. Elle postule que la connaissance du contenu à évaluer suffit à l'enseignant pour se forger une opinion sur la production d'un élève. La seconde approche problématise l'évaluation. Il s'agit de comprendre les intentions des apprenants et de repérer les preuves de l'apprentissage. C'est cette seconde approche que nous adoptons en recherchant dans les réponses à des QCM la preuve de la maîtrise d'un savoir-faire.

Des QCM peuvent être soumis à des stades différents de l'apprentissage, en fonction d'objectifs pédagogiques. Avant et pendant l'apprentissage, les QCM aident les apprenants à mobiliser des savoirs et savoir-faire antérieurs. Ils constituent un outil d'auto-régulation et de remédiation (Rakhyoot & Weir, 2007). Pour cela, il peut aussi être demandé aux apprenants de construire eux-mêmes des QCM (Hooper *et al.*, 2011). Les QCM peuvent encore aider dans l'identification des stratégies utilisées par les apprenants pour le traitement des erreurs, le réinvestissement des ressources ou l'engagement dans l'auto-évaluation (Ladage & Audran, 2011). Enfin, en fin de parcours, le recours aux questionnaires permettra de certifier la maîtrise finale des savoir-faire (Yam & Rossini, 2013).

L'évaluation par QCM sert ainsi à tout moment de l'apprentissage. Elle est souvent exploitée dans des EIAH où elle sert à apporter des *feedback* rapides (Labat, 2002 ; Rakhyoot & Weir, 2007 ; Yam & Rossini, 2013) et permet de renseigner un profil d'apprenant pour aider les différents acteurs de l'apprentissage (Labat, 2002).

Dans l'ensemble de ces situations, il est nécessaire d'extraire une connaissance à partir des réponses des apprenants aux QCM. Nous identifions 3 catégories de traces exploitables :

- 1 Les traces informant sur la bonne ou mauvaise mise en œuvre de savoir-faire. Elles sont notamment issues des réponses données par les apprenants. Elles peuvent prendre la forme d'un score et tenir compte de facteurs ad-hoc comme le risque de hasard (Labat, 2002).
- 2 Les traces informant sur l'intérêt des QCM soumis. On tient alors compte des réussites à chaque QCM par l'ensemble d'un groupe et de sa nouveauté pour les élèves (Johnstone, 2003 ; Mc Alpine, 2002 ; Montepare, 2005). Ces traces sont généralement calculées lorsqu'un groupe d'apprenants achève un ensemble de QCM. Un QCM par exemple trop facile (réalisé correctement par tous) ne contribuera pas à informer de la maîtrise des savoir-faire.
- 3 Les traces expliquant les résultats des apprenants : ces traces sont sensibles au contexte dans lequel les apprenants réalisent les questionnaires. Elles rendent compte de l'engagement des élèves dans leur apprentissage (Ladage & Audran, 2011), d'une mauvaise compréhension des consignes (McAlpine, 2002), de misconceptions (Labat, 2002) ou encore d'une instabilité des connaissances (Fabre, 1993).

Labat (2002) a déjà proposé un système à base de QCM fondé sur une ontologie (liste de compétences). Ce système a pour objectif d'identifier les misconceptions des apprenants à partir de questions dont chaque réponse proposée est reliée à des compétences maîtrisées ou erronées. Le système prévoit une analyse meta-cognitive par l'apprenant qui doit préciser un

degré de certitude pour chacune de ses réponses, les technologies qu'il a utilisées (propriétés, théorèmes) et, une fois les corrigés soumis, le type d'erreur (selon l'ontologie) qu'il pense avoir réalisé. Ces informations sont stockées dans deux fichiers : l'un indique les compétences correspondant à des questions auxquelles l'apprenant a répondu avec peu de certitudes, l'autre correspond aux réponses erronées données par les apprenants pour lesquelles ce dernier n'a pas su correctement expliquer son erreur. Ces deux fichiers forment le profil de l'apprenant transmis à l'enseignant.

Dans notre projet, nous nous situons dans une évaluation des savoir-faire tout au long du cursus scolaire de l'apprenant. Ce sont les résultats évaluatifs à différents stades d'interprétation qui sont décrits dans un profil. Trois objectifs guident notre travail : assister les enseignants dans l'adaptation de leurs cours aux savoir-faire évalués des apprenants, améliorer la visibilité des progrès des apprenants, diminuer le temps consacré à leur évaluation.

Pour répondre à ces attentes, le choix fait est celui d'un travail préalable d'édition de QCM. Il consiste à créer une base de QCM dans laquelle chaque question est identifiée comme nécessitant la réalisation d'un type de tâche précis mis en œuvre éventuellement par une technique spécifique. Les items de réponse proposés à chaque QCM sont quant à eux associés à la bonne ou mauvaise réalisation du type de tâche et technique attendus. Certains items erronés peuvent, le cas échéant, être directement associés à la cause supposée de l'erreur (prérequis mal ou non réalisé).

Le travail d'édition représente un volume de 3000 QCM. Il est réalisé par Educlever.

5 Un besoin de délimitation des critères évaluatifs

Une démarche évaluative est à conduire selon une finalité précise qui peut être formative ou et/ou certificative selon s'il s'agit d'estimer un niveau ou de respecter une boucle de diagnostic et de remédiation (Rogiers, 2004). Dans les deux cas, les objets observés feront l'objet d'interprétations issues de comparaison à des référents appelés par exemple points de référence, critères d'évaluation, norme ou profil d'apprentissage attendu (Orell, 1996). Deux approches interprétatives peuvent guider ces comparaisons. La première est l'évaluation normée (comparaison des apprenants les uns aux autres). La seconde approche est l'évaluation critériée (comparaison des apprenants à un niveau de référence attendu) (Rogiers, 2004).

Dans le projet en cours, nous planifions une évaluation formative avec une personnalisation de l'apprentissage et la génération d'exercices en fonction d'interprétations critériées des résultats collectés. Cette interprétation s'exprimera sous la forme d'un profil d'apprenant et se fera par comparaison des savoir-faire évalués des apprenants à des savoir-faire attendus. Les savoir-faire attendus peuvent être ceux enseignés à l'apprenant au moment de l'évaluation (l'apprenant maîtrise-t-il ce qu'il a appris ?) mais aussi ceux qu'il est prévu d'enseigner d'ici la fin de l'année scolaire (où l'apprenant se situe-t-il par rapport au programme de l'année ?).

Par ailleurs, l'interprétation des résultats observés doit prendre en compte la qualité des évaluations. De Ketele et Gérard (2005) distinguent ainsi les notions de pertinence, de validité et de fiabilité. Les auteurs décrivent la pertinence comme l'adéquation de l'évaluation aux objectifs visés, la validité comme le fait de réellement mesurer ce qui est prévu et la fiabilité comme la confiance à accorder aux résultats observés.

Dans un objectif d'évaluation critériée de la maîtrise de savoir-faire, nous proposons donc *in fine* de nous intéresser à :

- 1 La couverture de l'évaluation : parmi les savoir-faire attendus, quels sont ceux réellement évalués ?
- 2 La qualité de l'évaluation : pour un savoir-faire observé, les exercices proposés suffisent-ils (en termes de quantité et de qualité) à en estimer la maîtrise ?

3 La stabilité des résultats : les résultats observés se répètent-ils à travers les différentes évaluations d'un même savoir-faire ?

Dans le profil de l'apprenant que nous proposons, ce sont ces trois critères qui guident le passage de résultats observés (les réponses à des QCM) à des résultats interprétés (les taux de maîtrise de savoir-faire).

6 Un besoin de modèle de diagnostic du taux de maîtrise des savoir-faire

Le but du diagnostic est de rendre compte dans un profil des taux de maîtrise de types de tâche évalués à travers des exercices. Après avoir délimité nos besoins et contraintes, nous proposons d'accepter comme structure de base du profil, l'organisation ontologique décrite plus haut et de l'enrichir de données évaluatives. Nous disposons ainsi dans chaque profil d'éléments similaires (types de tâche, techniques, thèmes, secteurs, domaines et disciplines) auxquels des valeurs de maîtrise sont associées. Nous en distinguons trois types : la valeur de base, la valeur enrichie et la valeur agrégée (cf. Figure 1).

6.1 Valeurs prises en compte dans le profil

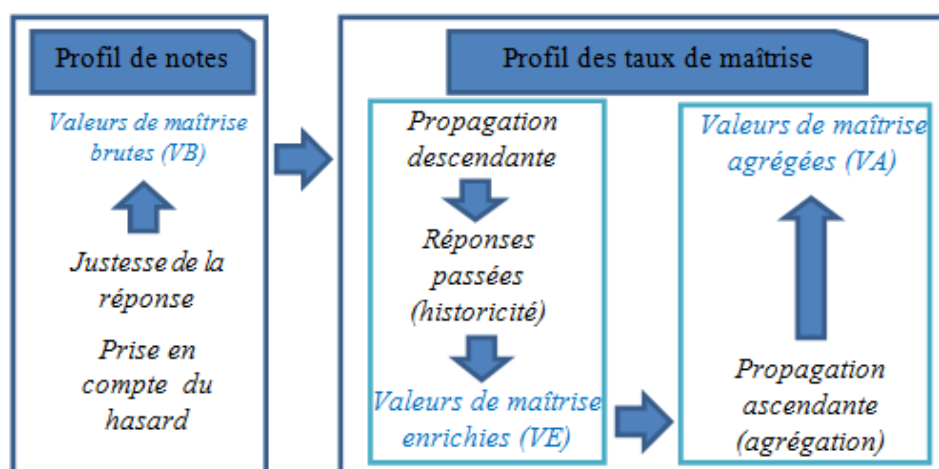
Au vu de la littérature sur les QCM décrite plus haut, nous acceptons l'idée que la maîtrise d'un savoir-faire est observable à travers la réussite ou non de ce type d'exercice. Quand un apprenant réalise un QCM, il est évalué directement sur le type de tâche sollicité (évaluation directe) et peut aussi l'être sur les prérequis à ce type de tâche (évaluation indirecte). La prise en compte ou non d'une évaluation indirecte nous conduit à faire l'hypothèse que nous pouvons calculer deux valeurs distinctes pour chaque type de tâche :

La *valeur de base* (VB) correspond à la maîtrise d'un type de tâche d'après des évaluations directes. Ce niveau rend compte de la capacité des élèves à réaliser des exercices demandant la réalisation d'un même type de tâche. Cette valeur est assimilable à une note.

La *valeur enrichie* (VE) est issue d'un processus que nous nommons *propagation descendante*. Ce processus consiste à déterminer les types de tâche qui sont évalués indirectement à partir des QCM. Il aboutit à une valeur VE qui correspond à la maîtrise d'un type de tâche d'après des évaluations directes et indirectes. En d'autres termes, il s'agit d'évaluer pour un type de tâche donné, la capacité des élèves à réaliser l'ensemble des exercices qui demandent sa réalisation ou en nécessitent sa mise en œuvre à travers le recours à une technique propre à un autre type de tâche. Par exemple, l'aptitude d'un apprenant à effectuer une addition posée peut-être évaluée en présentant directement le type de tâche mais aussi en sollicitant une multiplication dont le multiplicateur est un entier à plusieurs chiffres, type de tâche dont la technique requiert une addition.

La maîtrise de types de tâche peut aussi tenir compte de la maîtrise d'autres types de tâche plus spécifiques mais partageant une même technique générale. Pour estimer la maîtrise de la multiplication de deux entiers, il faut tenir compte de la capacité à multiplier deux entiers quelconque par une technique générale mais aussi de la capacité à multiplier un entier par 10 en ajoutant simplement un 0 à la fin. L'apprenant maîtrise-t-il les techniques spécifiques à des cas plus particuliers à un type de tâche ? Sait-il choisir la technique la plus appropriée ? Nous formulons donc une autre hypothèse affirmant que la valeur de maîtrise d'un type de tâche peut s'exprimer à travers une troisième valeur que nous appelons *valeur agrégée* (VA) est qui est le résultat d'un autre processus appelé *propagation ascendante*. Elle implique que les résultats aux QCM soient portés par les couples type de tâche-technique si la technique est disponible (e.g. parce que la technique est imposée par l'exercice ou parce qu'une seule technique est disponible pour le type de tâche concerné) et les types de tâches seuls dans le cas contraire.

FIGURE 2 – Schéma général de construction du profil.



Trois valeurs de maîtrise des savoir-faire (VB, VE et VA) sont ainsi disponibles pour chaque type de tâche et technique évalués. Ils peuvent être calculés de différentes façons. Dans la suite de cette section, nous en proposons une, sachant que nous planifions de réaliser dans les semaines à venir des expérimentations qui nous permettront de comparer plusieurs modèles alternatifs pour ce calcul.

6.2 Modèle de diagnostic

La première valeur que nous proposons de calculer est VB (cf. Formule 1). Comme indiqué ci-dessus, il s'agit de rendre compte des résultats obtenus aux QCM sollicitant directement la réalisation d'un type de tâche ou couple de type de tâche-technique spécifique. Nous considérons alors :

$$VB_i = \frac{\sum Q_j}{\sum Q_{j \max}} \quad (1)$$

Avec,

Q_j les points attribués en fonction de la réponse de l'élève à une question j évaluant directement le type de tâche i

$Q_{j \max}$ les points maximum pouvant être attribués à la même question j

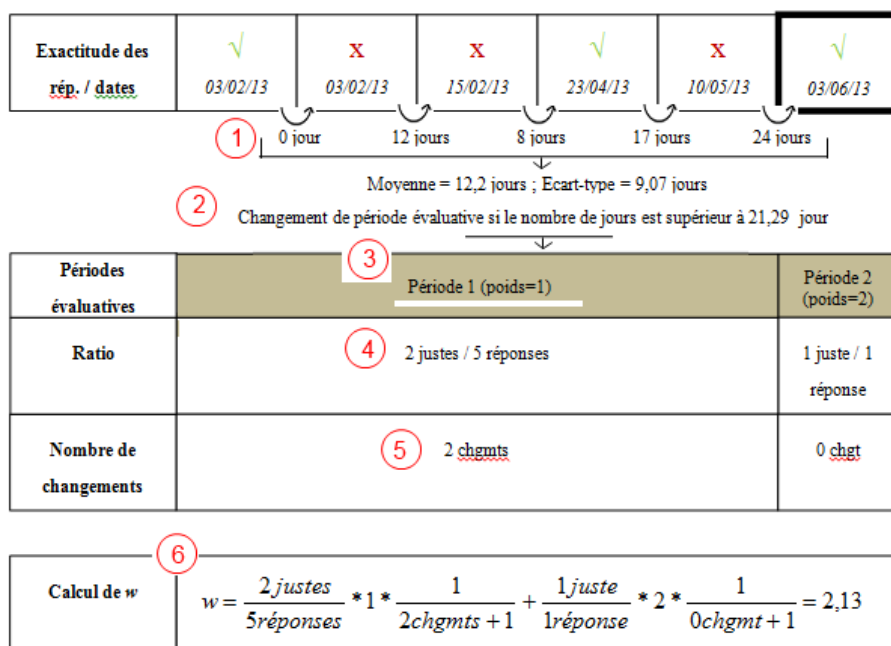
Il est possible de rendre compte à travers Q et Q_{\max} de variables modulant les points à accorder à une question tel que l'effet du hasard dans les réponses (Labat, 2002) ou la prise en compte de l'erreur (Labat, 2002).

La seconde valeur que nous proposons de calculer est VE (cf. Formule 2). Elle rend compte des résultats obtenus aux QCM sollicitant directement et indirectement la réalisation d'un type de tâche ou couple de type de tâche-technique spécifique :

$$VE_i = \frac{\sum (w_j \cdot Q_j) + \sum (w'_j \cdot Q'_j)}{\sum (w_j \cdot Q_{j \max}) + \sum (w'_j \cdot Q'_{j \max})} = \frac{Q''}{Q'' \max} \quad (2)$$

- Avec,
- Q_j les points attribués en fonction de la réponse de l'élève à une question j évaluant directement un type de tâche i
 - $Q_{j,max}$ les points maximum pouvant être attribués à la même question j
 - Q'_j les points attribués en fonction de la réponse de l'élève à une question j évaluant indirectement un type de tâche i
 - $Q'_{j,max}$ les points maximum pouvant être attribués à la même question j
 - w_j et w'_j des coefficients pondérateurs pour un score enregistré à une question j

FIGURE 3 – Exemple de calcul d'un coefficient w .



Les coefficients w et w' permettent de tenir compte différemment des scores attribués aux QCM selon qu'ils découlent d'évaluations directes ou indirectes et selon l'ordre de réalisation des évaluations. Nous suggérons pour cela de tenir compte successivement des trois critères suivants pour pondérer les scores obtenus à une question (cf. figure 3) :

- 1 La moyenne et l'écart-type du nombre de jours qui occurred entre deux évaluations consécutives (cf. étapes 1 à 3 de la figure 3) : ces deux indicateurs statistiques se calculent à partir du nombre de jours séparant les évaluations (étape 1). Ils doivent permettre de délimiter des changements de période évaluative (étape 3) à chaque fois que deux évaluations consécutives sont éloignées de la moyenne de plus d'un écart-type (étape 2). Cela permet de distinguer des réalisations régulières dans le temps ou pas des types de tâche évalués. Nous émettons l'hypothèse que la contribution des évaluations dans le calcul des taux de maîtrise est inverse à leur ancienneté (e.g. on accordera une valeur de contribution de 1 à la période la plus ancienne, de 2 pour la précédente, etc.). Nous émettons aussi l'hypothèse qu'un changement de période évaluative a un effet sur la maîtrise des types de tâche. Cet effet peut être négatif (e.g., l'absence de pratique implique une période de réactivation cognitive) ou positif (e.g., le temps passé a permis un gain en maturité ou l'apprentissage d'autres savoir-faire non évalués dans le système).
- 2 Le ratio entre le nombre de réponses similaires (réponses justes ou fausses) à la dernière réponse donnée dans une même période (cf. étape 4 de la figure 3) : la

somme de ces ratios doit conduire à l'application d'un coefficient sur les points à accorder lors de la réalisation du dernier QCM considéré.

- 3 Le nombre de changements dans l'exactitude des réponses à un type de tâche donné (cf. étape 5 de la figure 3) : il correspond au nombre de fois où deux réponses consécutives d'une même période évaluative apparaissent différentes (l'une correcte, l'autre erronée). On s'intéresse ainsi à la stabilité des réponses.

À partir de ces trois critères, le coefficient w du score enregistré à une question sera égal à la somme des ratios obtenus pour chaque période évaluative, chacun pondéré par la valeur de contribution de cette période puis par l'inverse du nombre de changements dans l'exactitude des réponses (cf. étape 6 de la figure 3)

Enfin, la troisième valeur que nous proposons de calculer est VA (cf. Formule 3). Nous l'exprimons en pourcentage. Cette valeur agrégée correspond au taux de maîtrise des savoir-faire que nous proposons d'afficher dans un profil. Elle est issue de l'agrégation de la VE d'un type de tâche i avec l'ensemble des VE portées par ses sous-types de tâche.

$$VA_i = \frac{\sum (w_j'' \cdot Q_j'') * 100}{\sum (w_j'' \cdot Q_j'' \text{ max})} \quad (3)$$

Avec,

Q_j'' les sommes des points attribués et pondérés à un type de tâche j suite à des évaluations directes et indirectes (numérateur d'un VE)

$Q_j'' \text{ max}$ les points maximum pouvant être attribués pour le même type de tâche (dénominateur d'un VE)

w_j'' un coefficient pondérateur pour un VE correspondant à un type de tâche (ou couple de type de tâche-technique) j évalué

Le coefficient w'' permet de pondérer différemment chaque numérateur et dénominateur des VE des types de tâche à agréger en fonction des distances de ces types de tâche au type de tâche pour lequel on souhaite calculer VA.

Si nous souhaitons calculer des valeurs agrégées par rapport aux types de tâche supposés avoir été enseignés ou supposés être maîtrisés en fin d'année, on pourra alors multiplier VA par le rapport entre la somme des coefficients w'' et la somme des coefficients si tous les types de tâche à considérer étaient évalués.

L'agrégation peut ensuite se poursuivre au niveau des thèmes avec les VA des types de tâche les plus générales, puis au niveau des secteurs, des disciplines et des domaines avec les VA des éléments les constituant.

7 Conclusion

Dans cet article, nous avons présenté la construction d'un profil de l'apprenant dont l'objectif est de représenter sa maîtrise de savoir-faire. Pour cela, nous avons exposé nos besoins et les choix faits pour y répondre.

Le besoin d'un référentiel organisant les savoirs est ainsi satisfait par une ontologie des savoirs fondée sur l'organisation praxéologique de Chevallard (1992). Cette ontologie permet d'identifier les savoir-faire mis en œuvre dans des exercices tels que des QCM en associant chaque question et item de réponse à un type de tâche répertorié. Les évaluations permettent ainsi de dégager des taux de maîtrise de savoir-faire et d'en réaliser des interprétations critériées en comparant la maîtrise de types de tâche à ce qui est attendu.

Le taux de maîtrise d'un type de tâche résulte de l'application d'un modèle de diagnostic identifiant 3 types de valeur de maîtrise. La valeur brute pour un type de tâche est le score correspondant à des exercices dont l'objectif principal est la réalisation de ce type de tâche.

La valeur enrichie est la note attribuée à un type de tâche à partir des exercices qui demandent directement et indirectement sa réalisation tout en tenant compte de leur chronologie. La valeur agrégée est similaire à une agrégation pondérée des valeurs enrichies indicatives de la maîtrise du type de tâche évalué. Ce modèle de diagnostic permet de référer indifféremment à un type de valeur en fonction de l'utilisation souhaitée des évaluations.

Actuellement, nous préparons des expérimentations afin de recueillir des données nous permettant d'éprouver notre modèle de calcul des taux de maîtrise. Il s'agit de valider le modèle de diagnostic dans son ensemble mais aussi à chaque étape. Pour ce faire, dans un premier temps, il s'agit de valider le passage des valeurs brutes aux valeurs enrichies (propagation descendante). Les mesures indirectes sont-elles correctement attachées à des types de tâche ? La méthode de prise en compte conjointe des mesures directes et indirectes, tout en s'intéressant à la date de survenue de chacune d'elles, fournit-elle de bons résultats ? Le passage des valeurs enrichies aux valeurs agrégées (propagation ascendante) est-il correct ? Le modèle décrit ici pourra aussi être comparé à d'autres modèles alternatifs afin d'en situer sa performance face à d'autres méthodes. Enfin, une évaluation devra être réalisée pour recueillir les avis d'utilisateurs (enseignants et élèves) sur les résultats finaux proposés dans le profil.

Pour améliorer le contenu du profil, il conviendrait d'estimer un taux de fiabilité. Ce taux pourrait intégrer la certitude des apprenants dans leurs réponses et leur aptitude à expliquer leurs erreurs (Labat, 2002). Il peut aussi tenir compte d'expositions antérieures des apprenants aux mêmes questions (Montepare, 2005 ; Wagner-Menghuin *et al.*, 2013). Enfin, le taux de fiabilité des taux de maîtrise pourrait être fonction de la qualité des QCM soumis en s'intéressant au pouvoir distractif des items de réponse proposés (Johnstone, 2003) et en analysant la difficulté et le potentiel des QCM à discriminer la maîtrise d'un type de tâche (Mc Alpine, 2002).

Dans des travaux de recherche, Labat (2002) laisse aux enseignants le soin d'extraire des informations complémentaires sur les apprenants en croisant différentes traces (compétences évaluées négativement et incertitudes des apprenants) recueillies par le système. Des perspectives futures pourraient être de croiser les évaluations des savoir-faire et des traces telles que celles citées dans le paragraphe précédent pour dégager automatiquement des typologies d'apprenants (*e.g.* apprenant retro ou pro-cognitif selon l'investissement des apprenants dans une démarche d'auto-évaluation, Ladage & Audran, 2011). Ces typologies pourraient elles-mêmes conduire à une personnalisation de la remédiation.

Remerciements

Le projet « *Cartographie des savoirs* » bénéficie d'un financement du Programme d'Investissements d'Avenir suite à l'appel e-Education n°2.

Références

- BEAUCHER, H. (1956). Références bibliographiques du dossier "le curriculum dans les politiques éducatives". *Revue Internationale d'Éducation de Sèvres*, 56, p. 147-158.
- BORDET, D. (1997). Transposition didactique : une tentative d'éclaircissement. *DEES*, 110, p. 45-52.
- BULL, S., MANGAT, M., MABBOTT, A., ABU ISSA, A.S. & MARSH, J. (2005). Reactions to Inspectable Learner Models: Seven Year Olds to University Students. In *Proceedings of Workshop on Learner Modelling for Reflection, International Conference on Artificial Intelligence in Education 2005*. p 1-10.
- CHAACHOUA, H. (2010) La praxéologie comme modèle didactique pour la problématique EIAH. Etude de cas : la modélisation des connaissances des élèves. HDR. Grenoble : Université Joseph Fourier.
- CHAACHOUA, H., FERRATON, G. & DESMOULINS, C. (2013). Utilisation du modèle praxéologique de référence dans un environnement informatique d'apprentissage humain. In 4^e Congrès International de la Théorie Anthropologique du Didactique. Toulouse. (à paraître).

- CHEVALLARD, Y. (1992). Concepts fondamentaux de la didactique : perspectives apportées par une approche anthropologique. *Recherches en Didactique des Mathématiques*. 12(1), p. 73-112.
- CHEVALLARD, Y. & MARY-ALBERTE, J. (1991). La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné. Grenoble : La pensée sauvage.
- DE KETELE, J.-M. & GERARD, F.-M. (2005). La validation des épreuves d'évaluation selon l'approche par les compétences, *Mesure et évaluation en éducation*. 28(3), p. 1-26.
- EYSSAUTIER-BAVAY, C., (2008). Modèles, langage et outils pour la réutilisation de profils d'apprenants. Thèse de doctorat en informatique, Université Joseph Fourier, Grenoble, France.
- EYSSAUTIER-BAVAY, C., JEAN-DAUBIAS, S. & PERNIN, J. P. (2009). A model of learners profiles management process. In V. Dimitrova, R. Mizoguchi, B. du Boulay & A. Graesser Eds. *AIED'09 - Artificial Intelligence in Education. Frontiers in Artificial Intelligence and Application*. p. 265-272. Brighton, GB : IOS Press . ISBN 978-1-60750-028-5. 2009.
- GINON, B., JEAN-DAUBIAS, S. & LEFEVRE, M. (2011). Evolutive learners profiles. In *ED-MEDIA 2011 - World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications*, Lisbonne, Portugal.
- GIRARD, S. & JOHNSON, H. (2007). Towards promoting meta-cognition using emotive interface personas within Open-Learner Modelling Environments, In R. Luckin, K. R. Koedinger & J. Greer Eds. *Artificial Intelligence in Education - Building Technology Rich Learning Contexts That Work*. p. 687-688. Los-Angeles, CA : I O S Press.
- GUIMARD, P. (2010). L'évaluation des compétences scolaires. Presses Universitaires de Rennes.
- HOOPER, A.S.C., PARK, S. J. & GERONDIS, G. (2011). Promoting Student Participation and Collaborative Learning in a Large INFO 101 Class: Student Perceptions of PeerWise Web 2.0 Technology. *Proc. of Higher Education Research and Development Society of Australasia International Conference (HERDSA, 2011)*.
- JEAN-DAUBIAS, S. (1999). A System to Assess Students' Competence that re-use a Pencil and Paper Tool. *User Modeling 99 (Doctorial Consortium)*, Banff, Canada. p. 337-338. Springer Wien New York.
- JOHNSTONE, A. (2003). *Effective Practice in Objective Assessment. The Skills of Fixed Response Testing*. Hull, UK: LTSN Physical Sciences.
- KAY, J. (1997). Learner Know Thyself: Student Models to give Learner Control and Responsibility. In Z. Halim, T. Ottmann & Z. Razak Eds. *Proceedings International Conference on Computers in Education ICCE'97*. p. 18-26. AACE: Charlottesville.
- LABAT, J.-M. (2002). EIAH : quel retour d'informations pour le tuteur ? *TICE 2002*, p. 81-87.
- LADAGE, C. & AUDRAN, J. (2011). Questions et tests en ligne sur des plateformes. *EIAH 2011*.
- MCALPINE, M. (2002). *Principles of Assessment*. Loughborough University: CAA Centre.
- MERCIER, A. (2002). La transposition des objets d'enseignement et la définition de l'espace didactique, en mathématiques. *Revue Française de Pédagogie*. 141, p. 135-171.
- MONTEPARE, J.-M. (2005). A Self-Correcting Approach to Multiple Choice Tests, *Observer*, 18(10).
- MOULET, L., MARINO, O., HOTTE, R. & LABAT, J.-M. (2008). Framework for a Competency-Driven, Multi-viewpoint, and Evolving Learner Model. In B. Woolf *et al.* Eds. *Proceedings ITS 2008, 9th International Conference Intelligent Tutoring Systems*, Montreal. p. 702-705. Monreal, Canada : Springer.
- ORREL, J. (1996). *Assessment of Student Learning. A problematised approach*. HERDSA'96.
- PAQUETTE, G. (2004). L'ingénierie pédagogique à base d'objets et le référencement par les compétences. *International Journal of Technologies in Higher Education*. 1(3), p. 45-55.
- RAKHYOOT, W. & WEIR, G. R.S. (2007). On-line Formative Assessments. In G. Weir & T. Ozasa Eds. *Texts, Textbooks and Readability*. p. 96-105. University of Strathclyde Publishing.
- ROGIERS, X. (2004). *L'école et l'évaluation : des situations pour évaluer les compétences des élèves*. Bruxelles : De Boeck.
- WAGNER-MENGHIN, M., PREUSCHE, I. & SCHMIDTS, M. (2013, accepté). The Effects of Reusing Written Test Items: A Study Using the Rasch Model. *Hindawi*.
- Yam, S. & Rossini, P. (2013). Online and Traditional Formative Assessment: Experience From a First-Year Property Course. *The 19th Annual Conference of the Pacific Rim Real Estate Society*, Melbourne, Australia, January 13-16.
- ZAMPA, V. & LEMAIRE, B. (2005). An Intelligent Tutor uses LSA for Modeling ZDP, *The EARLI Biannual Conference*, Nicosia, Cyprus.