

Des compétences aux savoir-faire : proposition d'extensions au métamodèle de COMPER et à MOODLE

Patrick Etcheverry^{1,2}, Thierry Nodenot^{1,2}, Marta Toribio², Christophe Marquesuza^{1,2}, Jennifer Lesbats², Jose Manuel Cornejo^{1,2}, Benjamin Fontaine¹

¹ Université de Pau et des Pays de l'Adour, laboratoire LIUPPA, Anglet, France
prenom.nom@iutbayonne.univ-pau.fr

² Université de Pau et des Pays de l'Adour, IUT de Bayonne, Anglet, France
prenom.nom@iutbayonne.univ-pau.fr

Résumé. Nous proposons dans cet article un modèle conceptuel et une solution technique visant à offrir des services support à l'approche par compétences (APC) tirant parti des résultats du projet COMPER. Considérant les apports de l'APC attendus tant pour les étudiants (autonomie / auto-régulation) que pour les enseignants, nous proposons des extensions aux métamodèles de COMPER et de Moodle centrées sur le concept de savoir-faire (« *skill* »). Nous présentons une opérationnalisation de ce modèle dans Moodle ainsi que les intérêts pour l'APC d'une telle intégration.

Mots-clés : APC, COMPER, LMS Moodle, Modélisation des connaissances et des savoir-faire, Objets de recommandation, Graphe de compétences

Abstract. We propose in this article a conceptual model and a technical solution aimed at providing support services for the competency-based approach (CBA) leveraging the results of the COMPER project. Considering the effects of the CBA aimed for both students (autonomy/self-regulation) and teachers, we propose extensions to the COMPER and Moodle metamodels centered on the concept of 'skill.' We present an operationalization of this model in Moodle as well as the educational benefits for CBA of such an integration.

Keywords: CBA, COMPER, LMS Moodle, Representation of knowledge and skills, Recommendation subjects, Skills graph

1 Introduction

La notion de Compétence a toujours fait l'objet d'une attention particulière de la communauté scientifique internationale en Sciences et Technologies de l'Information pour l'Education et la Formation [1][2][3][4][5]. En France, l'introduction en 2019 de l'APC pour le suivi et l'évaluation des étudiants dans l'Enseignement Supérieur a motivé un nouveau flux de travaux [6] à dimensions théorique et pratique ; le nouveau

Programme National des 24 spécialités du récent Bachelor Universitaire de Technologie (BUT) porte ainsi un défi important pour les équipes enseignantes ; les compétences y occupent un rôle central et chaque unité d'enseignement participe à l'acquisition d'une ou plusieurs compétences définies dans le programme.

Pour construire ce programme, les I.U.T. ont été accompagnés par le Laboratoire de soutien aux Synergies Éducation Technologies (LabSET) [7] de l'Université de Liège. Ce laboratoire, reconnu pour ses travaux en ingénierie pédagogique, s'est appuyé sur le cadre théorique de l'approche par compétences (APC) défini par Jacques Tardif [8] qui définit une compétence comme « *[un] savoir-agir complexe reposant sur la mobilisation et la combinaison efficaces d'une variété de ressources internes et externes à l'intérieur d'une famille de situations* ». L'idée de « *savoir-agir* » donne un caractère englobant à la compétence et évite que cette dernière soit réduite à un ensemble de savoir-faire ou de connaissances procédurales.

Afin de pouvoir mobiliser ces savoirs agir complexes via Moodle, nous (ingénieurs pédagogiques et chercheurs) avons exploré les fonctionnalités d'exploitation des compétences intégrées dans ce LMS. Nous avons donc manipulé des référentiels de compétences (hiérarchisées [9]) à l'échelle d'un ensemble de cours et de ressources Moodle, ce qui nous a amené à approfondir les fonctionnalités de Moodle sur ce sujet spécifique ; les fonctionnalités offertes donnent des possibilités de validation et de suivi destinées aux enseignants ainsi qu'aux étudiants. Cela permet notamment à l'étudiant d'avoir un regard sur les compétences travaillées, validées et celles qui restent à développer. Ces informations lui permettent de se situer dans son apprentissage et d'enclencher un processus d'autorégulation [10], c'est-à-dire, choisir de manière autonome sa prochaine action d'apprentissage après autoévaluation de ses échecs / réussites. La gestion des compétences n'est donc pas une brique en plus qui serait indépendante de toutes les autres fonctionnalités de Moodle, mais dorénavant tout cours, toute ressource et toute activité Moodle inclut une facette « Compétences » que l'enseignant et l'étudiant peuvent exploiter lors de l'édition de contenus, mais aussi lors du suivi et de l'évaluation des étudiants.

Selon nous, il n'y a donc pas lieu de vouloir faire table rase de ces apports encore assez peu exploités par la communauté éducative. Et ce même si nous constatons avec [11] qu'« *... au bout d'un moment, ..., on n'est plus au niveau d'une compétence, mais que l'on est au niveau des savoirs et savoir-faire* » (page 72 de l'article référencé). Au contraire, pour mettre en œuvre l'APC dans leurs pratiques, enseignants et étudiants doivent pouvoir exploiter d'autres éléments inexistants à ce jour dans le métamodèle des LMS (et en particulier de Moodle), car le niveau de granularité de description de leurs séquences d'enseignement ne peut se suffire du concept de Compétence au sens de Moodle : savoirs et savoir-faire doivent aussi pouvoir être précisément décrits et exploités tant par les étudiants que les enseignants [12][13].

Dans ce contexte, la question centrale qui guide notre travail est la suivante : comment ancrer l'APC dans la réflexion des enseignants lors de l'élaboration et de l'édition des activités et ressources constituant un cours en ligne ?

Partant d'un cas d'étude, nous présentons dans la section suivante les éléments d'un modèle permettant de décrire des compétences de niveau micro (cf. savoirs et savoir-faire) en croisant les concepts de COMPER [11] [14] avec ceux de Moodle. Nous proposons dans la section 3 une opérationnalisation de ce modèle via une extension Moodle. Enfin, nous concluons par une présentation de nos travaux en cours visant à s'appuyer sur cette approche par compétences pour promouvoir des services d'accompagnement des étudiants.

2 De la nécessité d'étendre le métamodèle de COMPER

2.1 Expression des besoins de modélisation

Dans le référentiel du BUT Informatique, une compétence clé à acquérir en première année est « Développer des applications informatiques simples ». Cette compétence globale décrit un objectif d'apprentissage important, mais elle ne détaille pas toutes les concepts seuils et savoir-faire nécessaires pour atteindre ce niveau de maîtrise. Par exemple, l'exercice « simple » visant à élaborer un programme/application calculant le périmètre d'un cercle sous-entend la compréhension et la maîtrise de plusieurs concepts et savoir-faire (que nous désignons par le terme « *skill* » dans la suite de cet article). En termes de concepts, les étudiants doivent par exemple savoir ce qu'est une variable, le type d'une variable, la valeur d'une variable ou encore ce qu'est une affectation. En termes de savoir-faire, les étudiants devront être capables de nommer une variable, typer une variable, initialiser une variable, déclarer une variable, etc.

Pour accompagner les étudiants sur cet exercice, l'enseignant devra peut-être ramener les étudiants sur des extraits de cours présentant des définitions, des exemples ou des tutoriels en lien avec ces concepts (qui sont de fait des savoirs) et ces skills. Bien que Moodle permette de modéliser des compétences globales telles que « Développer des applications informatiques simples » et de les hiérarchiser, il n'offre pas d'outils pour modéliser correctement ces concepts et ces skills et éventuellement pointer des ressources de cours associées pour aider les étudiants.

Sur le sujet spécifique de la représentation des compétences, des savoirs et des savoir-faire, les propositions relevant de COMPER constituent un corpus de travaux récents présentant un grand intérêt. COMPER (COMpétences et PERsonnalisation) est à la fois le nom d'un projet ANR et celui d'un métamodèle [11] visant à produire des outils et des services appuyés sur l'APC dans une perspective de personnalisation et d'(auto)régulation des apprentissages, et ce quelle que soit la plateforme numérique utilisée. Les outils développés qui ont fait l'objet de campagnes d'expérimentation permettent tout à la fois de définir un référentiel de compétences, de savoirs et savoir-faire, d'associer des ressources pédagogiques à des éléments de ce référentiel, d'établir / d'éditer un profil de compétences des apprenants [15] et de faciliter la régulation par des enseignants mais surtout l'autorégulation par les apprenants eux-mêmes [16].

Pour ce qui est de la modélisation du référentiel de compétences, le métamodèle fournit un vocabulaire normalisé et des éléments de structuration des compétences, des savoirs et des savoir-faire. On retrouve dans le métamodèle la capacité d'exprimer

qu'un savoir ou savoir-faire est issu d'une compétence, de décrire finement des savoirs et savoirs faire via des relations diversifiées, de relier savoirs et savoir-faire à des ressources pédagogiques, chacune de ces dernières étant caractérisée par une simple url afin de garder une indépendance vis-à-vis des LMS.

En nous appuyant sur les concepts et les relations du métamodèle COMPER, nous avons essayé de modéliser notre cas d'étude et de l'implanter dans Moodle, ce qui nous a amené aux constats suivants :

- Alors que Moodle permet de relier toute compétence d'un référentiel / framework de compétences aux ressources, activités et sections des différents cours relevant du framework considéré, ce sont les seuls savoirs et savoir-faire (d'un cours) que COMPER permet de relier via leur url aux ressources d'un LMS comme Moodle. L'approche Moodle de la notion de compétence correspond donc à une vision transversale de l'APC alors que celle de COMPER apparaît plus fine mais aussi plus disciplinaire et surtout plus focalisée sur un cours particulier.
- Le tutoriel présentant l'articulation des différents outils COMPER suggère l'utilisation d'un outil Web (*Platform2Ref*) pour associer l'url d'une ressource pédagogique existante aux savoirs et savoirs-faire créés dans le référentiel. En pratique, il nous est apparu très difficile de séparer le volet « Edition d'un référentiel de compétences » du volet « construction / édition des ressources et activités pédagogiques via un LMS ». Si certains enseignants / ingénieurs pédagogiques peuvent mener une approche inductive consistant à d'abord créer le référentiel de compétences avant de produire un jeu de ressources pédagogiques en cohérence avec de référentiel, si d'autres préfèrent mener le processus inverse qui part d'une édition/production de ressources et d'activités, il est clair qu'il serait pertinent de pouvoir passer de l'un à l'autre et qu'idéalement ceci devrait pouvoir être mené via les fonctionnalités du LMS exploité par les enseignants.

Partant de ces constats, nous proposons dans la section suivante des éléments d'un modèle conceptuel pour pouvoir tirer parti dans Moodle des éléments de modélisation pertinents apportés par le métamodèle COMPER.

2.2 Eléments du modèle conceptuel proposé

La Figure 1 illustre une instanciation partielle du modèle que nous proposons pour mettre des enseignants ou un système informatique en situation de recommander aux étudiants des extraits ciblés de ressources pédagogiques lorsque des lacunes sur certains concepts ou skills sont identifiées. D'un point de vue modélisation informatique, il s'agit d'une instanciation du modèle UML qui sera présenté en figure 2.

L'instance en figure 1 montre :

- Deux extraits d'une même ressource Moodle : il s'agit d'une *page* au sens de Moodle sur laquelle des annotations ont été posées (une en bleu et l'autre en vert)
- Des concepts et des skills en bas de figure 2,

- Des liens entre ces concepts / skills et les extraits ciblés le page Moodle au travers d'objets de recommandation (O1 et O2).

Modélisation des concepts et des skills. Une skill est définie comme un savoir-faire très ciblé, pouvant être décrit par l'application d'un verbe d'action (Verb, e.g., « déclarer », « typer », « commenter ») à un concept (Concept, e.g., « variable »). Par exemple : « Déclarer une variable », « Typer une variable » ou « Nommer une variable » (Skills S1 à S3 dans Fig. 1).

Les relations entre skills permettent de structurer les dépendances pédagogiques qui les relient. Par exemple, une skill telle que « Déclarer une variable » peut être composée de skills plus élémentaires comme « Nommer une variable » et « Typer une variable ». Ces relations incluent des notions de :

- Prérequis qui définissent les skills nécessaires avant d'en acquérir une autre.
- Composition où une skill complexe est composée de plusieurs skills élémentaires (Skill S3 est composée de Skill S1 et S2 dans Fig. 1).

Complexification, représentant une skill de niveau supérieur découlant d'une skill de niveau inférieur.

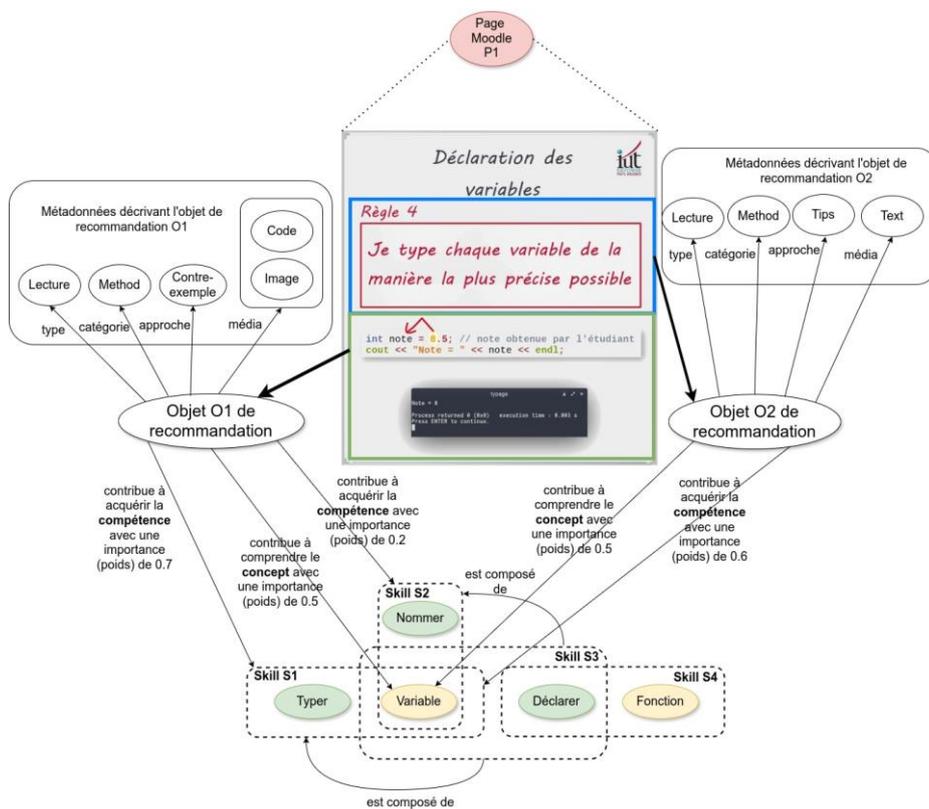


Fig. 1. Exemple d'une ressource pédagogique détaillée à un niveau micro.

Les objets de recommandation et leur structuration. Les objets de recommandation sont des extraits ciblés de ressources Moodle, identifiés pour faciliter la compréhension d'un concept et/ ou l'acquisition d'une skill. Ils sont caractérisés par des métadonnées de nature pédagogique (Fig. 1) :

- Type (Recommendation object type). Modalité d'apprentissage associée à l'objet, par exemple : tutoriel interactif (Tutorial), contenu théorique (Lecture) ou évaluation (Assessment).
- Catégorie (Recommendation object category). Nature de l'apprentissage facilité par l'objet, par exemple : Compréhension d'un concept (*e.g.*, « qu'est-ce qu'une variable ? »), Acquisition d'une méthode (*e.g.*, « comment déclarer une variable ? »).
- Approche (Approach). Nature du contenu présenté, par exemple : Exemple (illustration pratique), Définition (contenu théorique structuré), Solution (résolution d'un problème).
- Média (Media). Support utilisé pour présenter le contenu, par exemple : Texte, Image, Vidéo, Code source, ou une combinaison de ces éléments.

Relations entre concepts, skills et objets de recommandation. Chaque objet de recommandation est associé à un ou plusieurs concepts / skills pondéré par un poids (weight), qui indique la pertinence et l'intérêt relatif de l'objet pour comprendre / développer un concept / une skill donnée. Par exemple, un extrait de code montrant comment déclarer une variable est fortement pertinent pour la skill « Déclarer une variable » mais peut aussi avoir une utilité (moindre) pour des skills connexes comme « Typer une variable » ou « Nommer une variable ». Le modèle permet également de relier les concepts via des relations (Concept relation), offrant une structuration supplémentaire pour modéliser des notions liées (par exemple le concept de « Variable » est une notion de départ pour illustrer ensuite des concepts liés comme les indices de boucles, les compteurs, les accumulateurs, les indicateurs, etc.). Les verbes d'action (Verb) jouent un rôle central dans la définition des skills, en formant une ontologie et un vocabulaire métier spécifique au domaine. Cette structuration permet par exemple d'identifier toutes les skills à maîtriser autour du concept de « Variable » : « nommer une variable », « typer une variable », « commenter une variable », « appliquer une convention de nommage à une variable », « déclarer une variable », « initialiser une variable », etc.

Les objets de recommandation sont ensuite alignés avec ces skills pour servir de support à des activités pédagogiques ciblées et proposer des aides adaptées à des besoins très ciblés d'étudiants en situation d'apprentissage (voir flèches descendantes de O1 et O2 vers les Skills et concepts dans Fig. 1).

2.3 Principes d'exploitation du modèle conceptuel proposé

La modélisation présentée (voir Fig.1) définit une ontologie du domaine métier en associant des concepts et des verbes pour structurer les skills travaillées ou à acquérir. Une skill est ainsi composée d'un verbe (action à réaliser) appliqué à un concept (objet

de l'action). Cette approche offre une structuration du domaine métier qui permet d'explorer les skills selon plusieurs entrées ou angles d'analyse.

- *Une exploration selon l'entrée « Concept »* pour identifier l'ensemble des skills en lien avec un concept. Par exemple, si l'on considère le concept « Variable » dans le domaine de la programmation, les skills qu'un étudiant devra maîtriser sont les suivantes : Typing une variable (Skill S1 en bas de la Figure 1), nommer une variable (S2), déclarer une variable (S3), initialiser une variable, etc.
- *Une exploration selon l'entrée « Verbe »* pour explorer les différents concepts sur lesquels ce verbe s'applique. Par exemple, pour le verbe « Déclarer », il est possible de déduire ce qui peut être déclaré dans le cadre de la programmation :
 - Déclarer une variable : introduire une variable dans un programme (Skill S3),
 - Déclarer une fonction : introduire une fonction avec ses paramètres et sa valeur de retour (Skill S4).

Ainsi, un étudiant qui apprend à « déclarer » pourrait identifier qu'il doit non seulement savoir déclarer des variables, mais aussi des constantes, des fonctions, élargissant ainsi sa maîtrise du verbe « déclarer » dans différents contextes.

D'un point de vue pédagogique, cette modélisation apporte une vision flexible et multi-entrées de l'apprentissage des concepts et des skills, permettant d'aborder les savoir-faire selon des angles pédagogiques différents :

- Angle « Concept » : Quelles sont les actions à maîtriser pour un concept donné ?
- Angle « Verbe » : Sur quels concepts s'applique une action donnée ?

Cette approche permet aussi d'explorer le domaine métier avec une granularité fine, facilitant ainsi :

- L'identification des skills spécifiques à travailler pour comprendre et maîtriser un concept,
- La structuration des séances d'apprentissage autour des relations entre concepts et actions,
- Une meilleure personnalisation de l'apprentissage, en permettant aux étudiants d'accéder aux skills en fonction de leurs besoins spécifiques.

3 Discussion sur les usages et sur la mise en œuvre

Il nous semble qu'enseignants et étudiants peuvent se rejoindre sur l'importance des notions de skill et de concept pour mieux tirer parti de l'approche par compétences dans des pratiques diversifiées et à forte valeur ajoutée :

- Dès lors que des skills ont été attachées à un cours, aux ressources et aux activités Moodle de ce cours, l'apprenant gagne en autonomie dans la manière de naviguer dans ce cours, le graphe de skills devenant une porte d'entrée supplémentaire pour accéder aux contenus Moodle selon une logique qui n'est plus celle d'une organisation en sections et sous-sections mais qui suit une logique de liens sémantiques existant entre skills ou entre des éléments attachés à ces skills.

- Dès lors que l'unité de description d'un cours n'est plus la page dont le titre ou la description expliciterait maladroitement son contenu, mais la skill et tous les concepts qui y sont liés sémantiquement, dès lors que chaque exercice proposé aux étudiants est également annoté sémantiquement selon des skills et autres liens sémantiques caractérisant l'exercice (notions en jeu et skills à mettre en œuvre), tous les contenus d'un cours Moodle deviennent des ressources candidates que l'étudiant peut aller consulter utilement en fonction du contexte de résolution de problème dans lequel il se trouve ; ou encore des ressources qu'un tiers (humain / automatisé) peut suggérer à l'étudiant en fonction d'un diagnostic de ses besoins.

Dans la figure suivante qui décrit notre modèle opérationnel, les concepts issus de COMPER apparaissent en vert, ceux en orange correspondent à des éléments qui sont dans le métamodèle de Moodle, ceux en bleu correspondent aux éléments intégrés dans notre implémentation (sous forme de plugin). Lorsqu'un concept du modèle relève à la fois du métamodèle de COMPER et de celui de Moodle (classes UML en vert et orange), c'est l'interprétation Moodle du concept qui a été choisie car elle est outillée dans Moodle et nous semble mieux cadrer avec une vision transversale de l'APC.

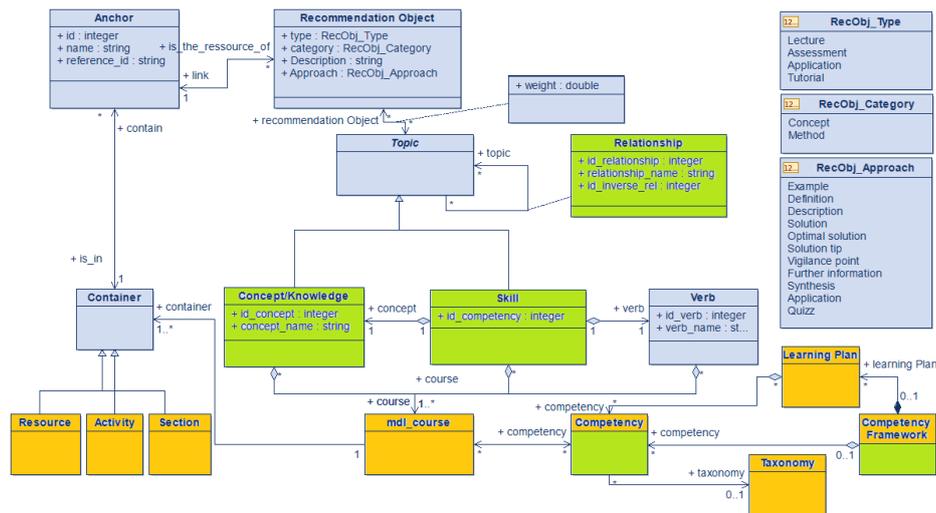


Fig. 2. Modèle proposé (extensions de COMPER et de Moodle).

On remarquera l'apparition des concepts de Container, de Topic et d'Anchor non évoqués jusqu'ici (contrairement au concept d'Objet de recommandation) :

- la classe Container correspond à une entité présente dans le métamodèle de Moodle et implantée sous forme de table dans la Base de données Moodle, quelle qu'en soit la version. Via cette classe, il est possible de créer des ancres sur toute sous-classe d'un conteneur Moodle. Ainsi, toute section Moodle, toute Page Moodle (sous classe de Ressource) devient ancrable, tout forum ou quizz (sous-classes d'Activity) peuvent également faire l'objet d'une pose d'ancre par un enseignant.

- La classe Topic nous permet de définir au niveau de cette super-classe les relations que peuvent entretenir les concepts entre-eux et les skills entre-elles.
- Dans notre système, la classe Anchor permet de garder trace (via notamment un nom choisi par l'enseignant éditeur) d'annotations posés sur un couple (conteneur, Objet de Recommandation). Un même conteneur peut porter différentes ancres ce qui signifie que selon la zone/partie du conteneur ancrée, l'objet de recommandation associé portera des informations spécifiques (cf. skills, concepts et verbes).

Tous les concepts sus-cités ont été implantés dans Moodle comme le montre la vidéo exemple mise en référence [17]. La figure 3 propose un exemple de navigation prenant comme point de départ une page Moodle intitulée *Déclarer ses variables : bonnes pratiques*. Cette page met en avant, via les objets de recommandation qu'elle contient :

- les concepts abordés, tels que variable, constante, et convention de nommage,
- les skills travaillés, comme Déclarer une variable et Nommer une variable (en se limitant à la partie visible du graphe).

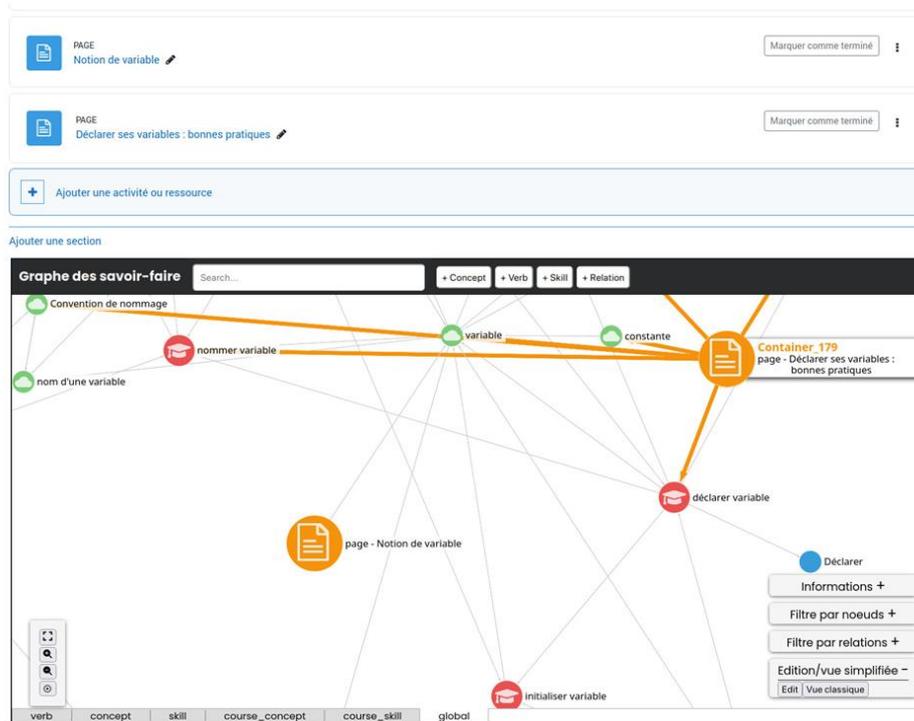


Fig. 3. Copie d'écran d'une partie de graphe de compétences d'un cours de programmation.

Ce graphe met en évidence :

- en orange, les ressources Moodle du cours (deux pages dans cet extrait),
- en vert, les concepts abordés dans le cours,
- en rose, les skills que le cours permet de travailler, sachant qu'une skill est définie comme un verbe d'action (en bleu) appliqué à un concept (en vert).

Lorsqu'un enseignant annote des ressources (par exemple, des pages Moodle), il peut transformer chaque extrait annoté (une définition, un exemple, etc.) en objet de recommandation en reliant l'extrait annoté à des concepts et/ou des skills que l'extrait permet d'aborder. Cette mise en relation peut concerner des concepts et skills déjà existants ou de nouveaux concepts et skills que l'enseignant crée à mesure qu'il annote son cours (cf. boutons d'édition en haut de l'interface).

Ce processus d'annotation permet de construire progressivement une vue détaillée des concepts et des skills couverts dans un cours (ou au sein d'une ressource spécifique du cours). À partir de cette structure, enseignants et étudiants peuvent naviguer dans le cours selon différents points d'entrée.

À ce stade des travaux, nous ne savons pas qualifier la qualité d'un graphe existant sur la base de son organisation interne et nous avons constaté l'intérêt à stabiliser un vocabulaire, notamment lorsqu'un graphe est utilisé dans deux cours Moodle créés par un même enseignant ou par différents enseignants d'un domaine. Pour le domaine particulier de l'apprentissage de la programmation sur lequel nous avons expérimenté l'éditeur de graphes et des contenus Moodle, des ontologies existent [cf. <http://codeontology.org/>] mais restent selon nous peu exploitables. Les liens de synonymie entre skills / compétences sont en l'état un moyen de construire son propre graphe tout en s'inscrivant dans une démarche d'appropriation d'ontologies existantes.

L'implémentation dans le LMS Moodle de fonctionnalités d'édition, de visualisation et d'exploitation de graphes de skills [18] nous a amené à relever plusieurs défis techniques afin de satisfaire aux objectifs suivants :

- En matière d'édition de graphes pour les seuls enseignants éditeurs (au sens de Moodle), offrir des fonctionnalités accessibles à l'échelle du cours Moodle et aussi à l'échelle d'une activité ou d'une ressource particulière : afficher selon le cas tout le graphe du cours ou le seul sous graphe correspondant.
- Offrir un niveau de généricité suffisant pour que les objets de recommandation auxquels sont associés les skills et connaissances puissent pointer une variété de contenus Moodle : le système actuel permet d'opérer sur des contenus d'une session Moodle, d'une page, d'un livre, d'un wiki ou d'un forum Moodle.
- Permettre à plusieurs utilisateurs (éditeurs de cours et étudiants) d'exploiter simultanément les constituants d'un graphe, faciliter notamment l'édition simultanée d'un graphe exploité pour un cours Moodle ou plusieurs cours différents.
- Offrir des mécanismes permettant de passer naturellement de la consultation / édition du graphe à la consultation / édition de la ressource ou activité Moodle sur laquelle s'appliquent les constitutifs du graphe associé à cette ressource / activité via l'objet de recommandation considéré.
- Opérer les extensions envisagées par le seul mécanisme des plugins Moodle.

Le plugin Moodle réalisé [19] comporte deux composantes :

- la première offre une interface de création d'objets de recommandation grâce à un bloc de contenu Moodle qui s'ouvre lorsque l'enseignant est en mode édition de cours. Ce bloc donne à l'enseignant éditeur la possibilité de choisir l'équivalent d'une <div> html parmi celles que contient la ressource ou activité éditée, de la nommer et de lui affecter un objet de recommandation précisant différentes caractéristiques de ce contenu particulier : média, type... l'objet de recommandation est ainsi ancré sur une partie du contenu de l'activité ou de la ressource éditée.
- La seconde offre un cadre qui s'affiche en pied de page et affiche pour l'activité / ressource éditée (respectivement pour le cours édité) un graphe comportant l'ensemble des objets de recommandation définis et pour ceux-ci l'ensemble des compétences et connaissances caractérisant cet objet de recommandation. L'affectation / suppression de compétences ou de connaissances à un objet de recommandation donné se fait en double cliquant sur cet objet de recommandation. La constitution ou la modification du graphe pour manipuler les compétences et les connaissances (ajout de nœuds, ajout de liens d'une relation typée) se fait également via cette interface graphique.

D'un point de vue architecture logicielle, chaque graphe édité dans Moodle est exploité via un logiciel client qui synchronise ce graphe avec le serveur du graphe d'un cours Moodle donné, ce qui permet sans rechargement de page de faire apparaître dans le graphe client tout nœud qu'un autre enseignant éditeur viendrait d'avoir ajouté/modifié via une autre connexion à Moodle. Réciproquement toute modification de graphe faite au niveau du logiciel client est synchronisée automatiquement vers le serveur de graphes.

L'interface permettant d'éditer et d'interagir avec un graphe est réalisée à partir d'une solution Node.js + Vue.js + Sigma.js. Cote serveur, l'ensemble des graphes est géré/gardé en mémoire via une autre bibliothèque javascript nommée `Graphology`, elle permet de gérer de très gros graphes sans aucune latence pour les utilisateurs.

4 Conclusions et perspectives

Que ce soit en présentiel, en modalité hybride ou en formation à distance, les LMS comme Moodle ont été / se sont imposés comme principaux vecteurs des dispositifs de formation universitaire ; avec leurs qualités indiscutables pour le quotidien des formateurs et des étudiants mais non sans lacunes. Nous avons proposé dans cet article des extensions pour l'APC issues du métamodèle de COMPER qui ne remettent pas en cause les fonctionnalités de gestion des compétences déjà intégrées dans les différents briques de Moodle.

Une version étendue de Moodle intégrant notre plugin a été déployée, elle permet à des enseignants de mener à bien toute l'édition des ressources / activités d'un cours et toute l'édition des compétences / savoirs / savoir-faire dans un seul et même

environnement numérique, ce qui donne une grande liberté méthodologique aux enseignants (démarche inductive commençant par l'expression des compétences, savoirs et savoir-faire ou démarche privilégiant plutôt l'ajout d'un modèle de compétences, de savoirs et de savoir-faire à des cours existants). L'édition sous forme de graphes est disponible à l'échelle d'une activité comme à l'échelle d'un cours, ce qui facilite l'analyse des ressources (taux de couverture des compétences ciblées, diversité des activités proposées) et donc l'édition d'un cours sous l'angle de l'APC.

Les deux ingénieures pédagogiques de l'IUT qui ont contribué aux travaux que présentés exploitent actuellement la version de Moodle ainsi déployée. La mission confiée consiste à développer un cadre méthodologique permettant d'amener progressivement les équipes pédagogiques de deux départements d'IUT à enrichir voire reconstruire leurs supports de cours Moodle pour répondre à l'APC. Il s'agit tout à la fois de mener avec les enseignants les plus mobilisés :

- Un travail d'extraction de leurs connaissances expertes afin qu'ils explicitent les skills / concepts laissés souvent dans l'ombre si l'on s'en tient à la seule lecture de leurs supports Moodle.
- Un travail de confrontation de ces connaissances expertes avec celles des collègues ou celles décrites dans des ontologies tierces.
- Un travail de scénarisation visant à mettre les enseignants en situation de tirer parti des graphes établis, en les proposant aux étudiants comme clés d'appropriation ou d'approfondissement lorsque ces derniers sont en phase de résolution de problème.

Pour ce qui est des perspectives, nous savons que le coût d'étiquetage des ressources et activités selon notre approche compétences est significatif pour l'enseignant. L'assistance à cet étiquetage via des outils à base d'ontologies collaboratives [20] constitue une voie à explorer pour soutenir les enseignants d'un collectif (département d'IUT, Commissions Pédagogiques Nationales par groupe de spécialité de BUT).

Enfin, puisque les travaux relatés dans cet article sont un des volets d'un programme de recherche plus vaste visant à opérer l'APC en situation de résolution de problèmes, nous soulignons l'importance à repositionner les LMS comme Moodle de sorte à ce qu'ils viennent dorénavant en appui de l'apprenant lorsque celui-ci est impliqué dans des tâches authentiques (dans notre cas de programmation) : tout d'abord à l'initiative de l'étudiant qui face à une difficulté pourrait accéder au graphe de skills / compétences de l'exercice qui lui est proposé, naviguer via les différents liens vers des ressources / concepts utiles à la résolution de problème en cours. Mais aussi à l'initiative d'un système informatique (capable d'exploiter les actions de l'étudiant mais aussi les différentes versions du code des programmes qu'il écrit) pour recommander [21], via une boîte de message, des ressources Moodle identifiées comme pertinentes que l'étudiant pourra choisir ou pas de consulter. Il nous faudra encore du temps pour que nos prototypes existants de ce système [22] [23] tirent parti des informations stockées dans Moodle et puissent être ensuite validés à l'échelle d'un département d'IUT.

Références

1. Vergnaud, G : La théorie des champs conceptuels, Recherche en didactique des mathématiques, 10, 2/3, 133-170 (1990)
2. LeBoterf G. : L'ingénierie des compétences (2ème édition). Éditions d'organisation, Paris, 445 pages (1999)
3. Gilbert, P. : La compétence : concept nomade, significations fixes. Psychologie du Travail et des Organisations, vol. 12, Issue 2, pp. 67-77. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1420253006000227> (2006)
4. Samurçay, R. et Rabardel, P. : Modèles pour l'analyse de l'activité et des compétences, propositions, in R. Samurçay et P. Pastré (Éds.), *Recherches en didactique professionnelle*, pp. 163-180, Toulouse : Octarès (2004)
5. Coulet, J.C. : La notion de compétence : un modèle pour décrire, évaluer et développer les compétences », *Le travail Humain*, Vol. 74, n°1, 1-30 (2011)
6. Messaoui, A. et Pélissier, C. Vers l'approche par compétences : théories et pratiques pour l'enseignement supérieur. Presses des Mines, pp.406, Design Numérique, Pierre-Michel Riccio, 978-2385423353 (2024)
7. LabSET : Laboratoire de soutien aux Synergies Éducation Technologies, Université de Liège. <https://www.labset.uliege.be>
8. Poumay, M., Tardif, J., Georges, F. : Organiser la formation à partir des compétences. 1ère édition De Boeck Supérieur, Louvain-La-Neuve (2017)
9. Créer un modèle de Plan de formation avec Moodle, https://docs.moodle.org/4x/fr/Plans_de_formation, last accessed 2024/10/18
10. Roussel, C. : Autoévaluation et autorégulation : deux habiletés favorables aux apprentissages en profondeur, Vol. 8, Numéro 1, Bibliothèque et Archives nationales du Québec, ISSN 1927-551X, <https://docutheque.uquebec.ca/id/eprint/48> (2019)
11. Guin, N. : Un méta-modèle pour le déploiement de l'APC : le projet COMPER. Anita Messaoui, Chrysta Pelissier. Vers l'approche par compétences : théories et pratiques pour l'enseignement supérieur, Presses des Mines, pp.65-80, 978-2385423353(2024)
12. Van Merriënboer, J. J. G. : *Training complex cognitive skills: A four-component instructional design model for technical training*. Educational Technology (1997)
13. Paquette, G. : An Ontology and a Software Framework for Competency Modeling and Management. *Educational Technology & Society*, 1-21. (2007)
14. Méta-modèle de COMPER : [https://comper.fr/sites/default/files/2020-12/L1.1 Méta-modèle référentiels_2.pdf](https://comper.fr/sites/default/files/2020-12/L1.1_Meta-modele_referentiels_2.pdf), last accessed 2024/01/12
15. Pierrot, L., Michel, C., Broisin, J., Guin, N., Lefevre, M. et Venant, R. : Assessing COMPER Environment to Support Self-Regulation During Autonomous Work: A Usefulness, Usability and Use Case Study, *Open and Inclusive Educational Practice in the Digital World*, Springer International Publishing, Cognition and Exploratory Learning in the Digital Age book series (CELDA), pp.193-212, (2022)
16. Sablayrolles L., Guin, N., Lefevre, M. et Broisin., J. : Conception et évaluation d'un processus de personnalisation fondé sur des référentiels de compétences. 10e Conférence sur les Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain, Fribourg / Virtual, Suisse. pp.226-237 (2021)
17. Vidéo de démonstration du plugin Moodle et de l'éditeur de graphes : <https://urls.fr/hagsM1>
18. Fontaine B. : Étude du potentiel des technologies basées sur NodeJS pour éditer et exploiter des graphes de compétences plus évolués que ceux du LMS Moodle. Rapport de stage de Master 2 en Informatique, Université de Pau et des pays de l'Adour (2024)
19. Code du plugin Moodle permettant d'annoter des ressources et d'éditer les graphes de skills (créé en sept 2024) : https://github.com/Nodenot/SkillsTagger_App/

20. Spoladore D., Pessot, E. et Trombetta. A. : A novel agile ontology engineering methodology for supporting organizations in collaborative ontology development. *Comput. Ind.* 151 <https://doi.org/10.1016/j.compind.2023.103979> (2023)
21. Roux, L., Nodenot, T., Etcheverry, P., Dagorret, P., Marquesuzà, C. et Lopistéguy, P. : A learner's behavior model for an E-Learning Hybrid recommender system, *Cognition and Exploratory Learning in the Digital Age: 65-83*, D. Ifenthaler; D.G. Sampson and P. Isaias Editors, ISBN: 978-3-031-18512-0, Springer (2022)
22. Nodenot T., Deguilhem, M., Cornejo J.M., Nguyen, P., Etcheverry, P. : COSYciels : Regards croisés sur un observatoire de progiciels basés sur l'infrastructure COSY, CNRIUT'2025 - Congrès National de la Recherche des IUT, Bayonne (2025)
23. Erritali M., Grota A., Nodenot, T., Etcheverry, P. : Analyse et Modélisation des Comportements des Étudiants dans un Environnement d'Apprentissage : Approches par Clustering et Réseaux de Neurones récurrents, CNRIUT'2025 - Congrès National de la Recherche des IUT, Bayonne (2025)