

Principes d'un processus de personnalisation semi-automatique fondé sur un méta-modèle de stratégies pédagogiques utilisant un référentiel de compétences

Louis Sablayrolles (1^{er} année)^{1,2} [0000-0002-9355-3450]

¹ Université de Lyon, CNRS, LIRIS, UMR 5205, F-69622 Villeurbanne, France

² IRIT UMR 5505, 118 route de Narbonne, Toulouse, France

`louis.sablayrolles@{liris.cnrs.fr, irit.fr}`

Résumé. Dans le cadre de cette thèse, nous souhaitons définir un processus de personnalisation des activités de l'apprenant, indépendamment de la discipline et du niveau concernés. Ce processus prend place au sein d'une approche par compétences dans laquelle chaque matière enseignée est décrite à partir d'un référentiel de compétences. Nous visons la conception d'un processus semi-automatique paramétrable par un enseignant, et explicable. Pour cela, nous définissons un méta-modèle permettant à l'équipe pédagogique de concevoir des stratégies de personnalisation exprimées sous la forme de règles. Nous associons à ce méta-modèle, un algorithme de personnalisation capable d'exploiter ces stratégies pour proposer à chaque apprenant des activités adaptées à son profil de compétences.

Mots-clés : EIAH, processus de personnalisation, méta-modèle de stratégies pédagogiques, personnalisation de contenu, approche par compétences.

1 Introduction

La personnalisation de l'apprentissage est un domaine de recherche important au sein des EIAH [1]. Ainsi proposer des activités adaptées à l'apprenant, lui permet d'améliorer son acquisition des savoirs [2, 3]. Parmi les différentes classes d'adaptation [1, 3], nous nous intéressons ici au type le plus répandu : la sélection et l'adaptation de matériel pédagogique pour l'apprenant.

L'objectif de nos travaux est de concevoir une approche de personnalisation indépendante de la discipline et du niveau scolaire, capable de proposer du matériel pédagogique adéquat dans le cadre d'une séance de travail pour chaque apprenant au sein d'EIAH disposant d'une modélisation des compétences à acquérir au sein d'un référentiel. Cette approche de personnalisation devra offrir la possibilité aux enseignants de définir ou de choisir la stratégie pédagogique utilisée par le système.

Pour répondre à cet objectif, nous avons défini un processus de personnalisation qui s'appuie sur un méta-modèle de stratégies pédagogiques. Afin que l'apprenant acquière les compétences définies en termes d'objectifs d'apprentissage, le processus utilise le profil de compétences de celui-ci, le contexte de son apprentissage, ainsi que les stratégies pédagogiques définies par les enseignants.

Dans cet article, nous présentons les approches existantes de personnalisation de contenus puis le contexte du projet dans lequel s'inscrit notre démarche, avant de définir nos verrous scientifiques et présenter nos contributions.

2 Personnalisation de contenu dans les EIAH

Les travaux existants distinguent deux formes de recommandation de contenus. La première, nommée « *collaborative filtering* », consiste à utiliser les caractéristiques des utilisateurs afin de leur recommander des ressources. Elle se fonde sur les interactions entre utilisateurs (au sein d'exercices en groupes ou d'échanges sur les exercices par exemple) [4], sur des matrices de recommandation [5] ou sur les ressources déjà recommandées à des utilisateurs similaires (en tenant compte des préférences de l'utilisateur) [6]. Lorsqu'au sein du système les utilisateurs n'interagissent pas entre eux, il est possible d'utiliser leurs caractéristiques individuelles telles que leur personnalité cognitive et comportementale [7] ou encore leurs compétences [8]. La seconde forme de recommandation de contenus, nommée « *content based filtering* », s'appuie sur les caractéristiques des ressources afin de proposer à l'apprenant des ressources similaires à celles qu'il a déjà consultées [9]. Lorsqu'elle est renforcée par la prise en compte du contexte d'apprentissage, cette forme de recommandation permet de fournir des ressources plus adaptées. Certains travaux ont également proposé des solutions hybrides. Un système de recommandation peut ainsi utiliser les caractéristiques des ressources et la similarité des apprenants entre eux pour recommander du contenu à l'apprenant [10].

Au sein des deux formes de recommandation de contenus, nous pouvons distinguer trois approches : la sélection manuelle des ressources d'apprentissage (l'enseignant sélectionne les ressources finales pour l'apprenant), la sélection automatique des ressources d'apprentissage (le système réalise la sélection des ressources finales pour l'apprenant), ou la sélection semi-automatique des ressources d'apprentissage (l'algorithme fait la sélection des ressources finales pour l'apprenant en fonction d'instructions définies par l'enseignant). L'approche manuelle offre des solutions aux enseignants afin de les aider dans la conception, la sélection et l'organisation de leurs contenus pédagogiques [11]. L'approche automatique fonctionne sans intervention humaine et se retrouve dans de nombreux travaux [4, 5, 12]. Dans ces recherches, les recommandations sont fournies grâce à des systèmes à base de probabilités, de *ranking* ou encore de matrices. La dernière approche, qui est la plus intéressante dans le contexte du processus de personnalisation que nous souhaitons concevoir (voir section 3), est l'approche de la sélection semi-automatique des ressources d'apprentissage. A partir de données (telles que des stratégies pédagogiques [8] ou des graphes [13]) fournies par des experts, le système est capable de générer une séquence personnalisée pour chaque apprenant. Lorsque des graphes sont proposés, il est possible de recommander des ressources à l'apprenant, mais également de proposer un chemin d'apprentissage [13, 14]. L'approche semi-automatique est particulièrement intéressante car elle permet, contrairement à une sélection manuelle, de pouvoir gérer un grand nombre d'apprenants. De plus, comparée à un système de sélection automatique, l'approche semi-automatique exploite l'expertise des enseignants pour proposer une pédagogie qui se rapproche de celle enseignée.

Il existe enfin des travaux [15] dans lesquels la modélisation du domaine sous forme de compétences, combinée à l'expression de l'expertise pédagogique sur les ressources et aux intentions didactiques, permet de fournir une recommandation personnalisée à l'apprenant. Ils montrent qu'il est possible d'intégrer ces différents aspects au sein d'un même système, cependant la liberté accordée aux enseignants et la modélisation des compétences sont trop limitées pour répondre à nos objectifs. Ils nous serviront toutefois de référence, avec [8], pour la conception de notre processus.

Avant de détailler notre processus de personnalisation fondé sur une approche semi-automatique, la section suivante introduit le contexte de nos recherches.

3 Contexte : le projet ComPer

Nos travaux s'inscrivent dans le cadre du projet **Compétences et Personnalisation** (<http://comper.fr/>), dont le but est de concevoir des modèles et des outils au sein d'une approche par compétences, qui selon [16] facilite la validation des acquis.

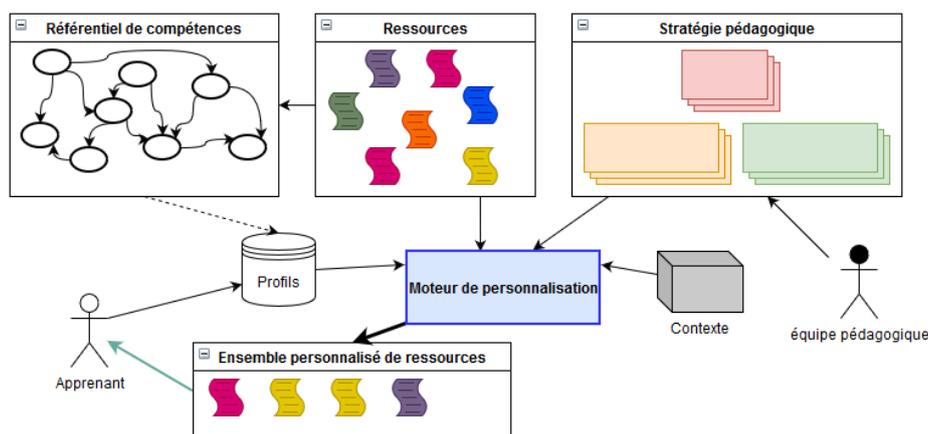


Fig. 1. Composants du processus de personnalisation au sein du projet ComPer

L'environnement de ce projet est illustré par la Figure 1. Un **référentiel de compétences** est un ensemble hiérarchisé de connaissances, savoir-faire et compétences (Knowledge, Skills and Competences abrégé KSC) liés entre eux par des relations (telles que des relations de prérequis, de composition, etc.). La Figure 2 propose une représentation d'un extrait de référentiel sur le calcul mathématiques.

Les compétences représentent un concept complexe qui a été défini dans le cadre de nombreuses recherches. Il n'y a cependant pas de définition consensuelle et universelle de ce concept, mais la littérature montre que les compétences font souvent référence à un ensemble de connaissances, savoir-faire, capacités et autres attitudes et expériences personnelles [17,18]. A l'aide de la définition adoptée par le parlement européen et de la définition retenue dans le socle commun de connaissance et de compétence retenue à l'échelle nationale, nous définissons, dans le cadre du projet ComPer, une compétence comme *la capacité à mettre en oeuvre un ensemble de connaissances et de savoir-faire dans des situations variées pour atteindre les objectifs désirés.*

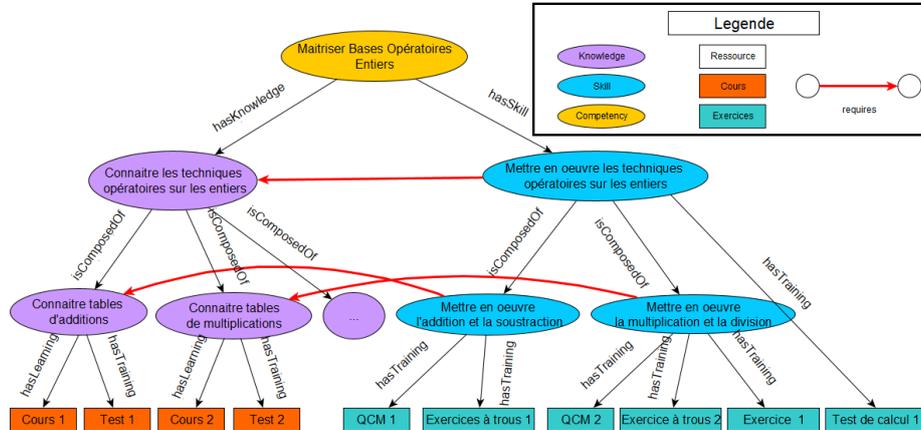


Fig. 2. Représentation d'un extrait de référentiel de compétences

Les **ressources** (des cours ou exercices accessibles en ligne aux formats variés) sont rattachées à un ou plusieurs nœuds pour contribuer à l'apprentissage des KSC.

Un **profil de compétences de l'apprenant** peut alors être calculé à partir des traces des activités réalisées sur les ressources (e.g. réussite ou échec aux exercices). Ce profil est exprimé en termes de maîtrise des nœuds du référentiel de compétences, et comprend deux autres indicateurs (confiance et couverture) qui indiquent respectivement à quel point le taux de maîtrise est fiable, et le taux de sous-nœuds pris en compte pour le calcul du taux de maîtrise.

Le moteur de personnalisation que nous souhaitons concevoir prendra alors en compte l'ensemble de ces éléments, ainsi que le **contexte d'apprentissage**. Celui-ci correspond à des données telles que le temps alloué par l'étudiant pour réaliser la séance de travail ou l'équipement qu'il utilise, permettant de qualifier sa situation d'apprentissage, mais également les intentions éducatives (e.g. révision, découverte de nouvelles compétences) de l'enseignant ou de l'apprenant.

Le système exploitera enfin l'expertise des **équipes pédagogiques** (i.e. un ensemble d'enseignants travaillant sur une matière donnée) au travers de **stratégies pédagogiques** (ensemble de règles de personnalisation, voir détails dans la section 5) qu'elles auront définies pour diriger la personnalisation des ressources pour l'apprenant. Le méta-modèle que nous proposons pour ces stratégies pédagogiques est lié au méta-modèle de référentiel défini dans le projet [21].

Ce processus de personnalisation sera appliqué au sein des terrains du projet ComPer regroupant diverses matières (physique-chimie, informatique, français, etc.) et différents niveaux (collège, lycée et université). Puisque nous souhaitons que les enseignants puissent agir sur ce processus, l'analyse de leurs besoins s'appuie sur des travaux précédents et sur des questionnaires dont les résultats sont en cours d'interprétation. Ce processus devra de plus expliquer aux enseignants et aux apprenants les recommandations fournies afin qu'ils puissent se l'approprier.

4 Verrous et démarche scientifique

Notre objectif est de concevoir un processus de personnalisation qui puisse être exploité de manière automatique par un EIAH, et paramétré par l'équipe pédagogique selon ses intentions pédagogiques et ses connaissances des apprenants.

Pour atteindre cet objectif, nous avons identifié les principaux verrous suivants : (i) concevoir des stratégies pédagogiques sur un modèle de compétences exécutables par le système, et paramétrables par les enseignants ; (ii) rendre la décision prise par le système compréhensible par les enseignants afin de faciliter leur appropriation du système et son paramétrage.

Pour répondre à ces verrous, nous envisageons de (i) décomposer une stratégie pédagogique en différentes règles afin de favoriser l'explicabilité du processus de personnalisation, et donc son interprétation par l'enseignant ; (ii) proposer des stratégies indépendantes du domaine et du niveau, *i.e.* s'appliquant à toutes ressources d'apprentissage et tout référentiel de compétences modélisé suivant le méta-modèle de référentiel du projet ComPer ; (iii) exploiter un langage d'expression des stratégies pédagogiques suffisamment expressif pour permettre aux enseignants d'agir sur ces stratégies et suffisamment rigoureux pour être exploité par le processus.

Afin d'évaluer nos propositions liées au premier verrou, nous envisageons de délivrer des questionnaires aux enseignants concernant l'interface d'édition des règles et des stratégies afin de vérifier qu'ils arrivent à exprimer les règles souhaitées. Pour vérifier que les explications fournies par le processus de personnalisation favorisent l'appropriation de notre système par les utilisateurs, nous envisageons de concevoir une expérience sur les différents terrains d'expérimentation du projet ComPer à l'aide de groupes contrôles et de groupes tests.

5 Contributions

Cette section présente nos contributions : un méta-modèle de stratégies pédagogiques, et un processus capable de tirer parti de ce méta-modèle. Ce méta-modèle permettra aux enseignants de concevoir et d'utiliser des stratégies pédagogiques de personnalisation différentes tout en garantissant l'exécution de ces stratégies par le processus de personnalisation. Pour rappel (voir section 3), nous définissons un **noeud** du profil comme étant un *Knowledge*, un *Skill*, une *Compétence* ou une *ressource* issu du référentiel de compétences. **Les descendants d'un noeud** correspondent aux cibles des relations partant de ce noeud.

Une **stratégie pédagogique** est un ensemble de règles conformes au méta-modèle de stratégie pédagogique qui sera implémenté à l'aide de l'étude des besoins. Ces stratégies pédagogiques ainsi que les instances des types de règles présentés ci-dessous peuvent être écrites soit par les membres du projet (**règles ComPer**) ou par les membres des équipes pédagogiques les utilisant (**règles expertes**).

Nous avons défini deux classes de règles : les **règles de sélection** et les **règles d'ordonnement**. Chaque classe de règle est elle-même décomposée en deux types distincts. Les **règles de sélection de KSC** sélectionnent les KSC du référentiel à travailler en fonction du contexte, du profil de l'apprenant, de leur type (compétence, savoir-faire ou connaissance) et de leurs relations avec les autres noeuds (pré-requis,

composition, etc.). De plus, chaque nœud sélectionné pourra être qualifié par un but pédagogique (*e.g.* approfondissement, travail des pré-requis, etc.) qui complètera l'intention pédagogique de la séance de travail exprimée par l'enseignant (*e.g.* découverte de nouvelles compétences, révision de compétences précédemment travaillées, etc.). Les **règles de sélection de ressources** permettent, pour un nœud du référentiel, de sélectionner les ressources qui lui sont rattachées en fonction de métadonnées telles que leur type (QCM, texte à trous, etc.), leur durée, etc.

Les règles d'ordonnement représentent la seconde classe de règles. Les **règles d'ordonnement de KSC** permettent de définir l'ordre dans lequel les nœuds sélectionnés doivent être travaillés, et les **règles d'ordonnement de ressources** utilisent quant à elles les métadonnées des ressources et le contexte pour ordonner, dans un nœud donné, les ressources issues des règles de sélection de ressources.

Le processus de personnalisation exploite ces différents types de règles. À partir de la Figure 2, nous avons représenté un profil d'apprenant et illustré les résultats du déroulement du processus, qui suit les étapes suivantes, sur la Figure 3.

Étape 1. Récupération de l'ensemble des nœuds du profil de l'apprenant liés au(x) KSC(s) objectif(s) définis par l'enseignant ou l'apprenant ; sur la figure l'objectif est entouré en rouge. **Étape 2.** À partir des KSC objectifs, application des règles de sélection de KSC pour déterminer les KSC que l'apprenant devra travailler (nœuds verts). Si un nœud n'est pas sélectionné (*e.g.* parce qu'il est maîtrisé comme le nœud *Connaître tables d'additions* de la figure), ses descendants ne le seront pas non plus. **Étape 3.** Spécification d'un ordre de travail des KSC sélectionnés par l'exploitation des règles d'ordonnement de KSC (ronds jaunes numérotés). Ici le processus sélectionne d'abord les Skills non maîtrisés dont les Knowledges sont maîtrisés, puis les Knowledges non maîtrisés, enfin les Skills non maîtrisés liés à ces Knowledges. **Étape 4.** Pour chacun des KSC sélectionnés, application des règles de sélection de ressources pour déterminer les ressources à travailler (ressources vertes). Sur l'exemple de la figure, la ressource *Exercice 1* n'est pas sélectionnée car sa durée est supérieure au temps alloué à la séance de travail de l'apprenant. **Étape 5.** Ordonnement des ressources sélectionnées pour chaque KSC, à partir des règles d'ordonnement de ressources (carrés jaunes numérotés) afin de proposer à l'apprenant un ensemble ordonné de ressources (cadre bleu).

Ainsi, la décomposition à l'aide de règles rend la séquence de ressources fournies à l'apprenant plus facilement explicable. En effet, il sera possible, à l'aide des traces d'exécution de notre processus, de justifier l'application des règles sélectionnées.

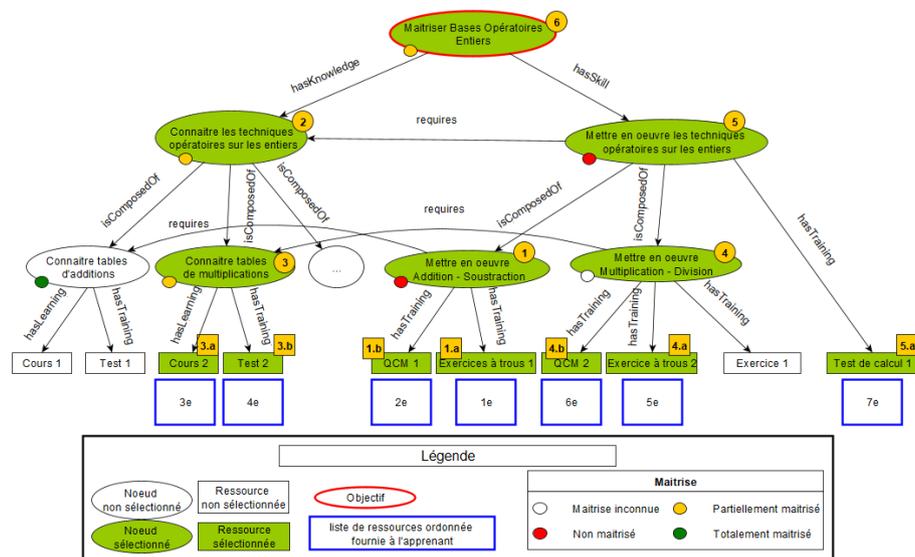


Fig. 3. Illustration du processus de personnalisation sur un profil d'apprenant¹

6 Conclusion et perspectives

Nous avons présenté dans cet article les principes d'un processus de personnalisation semi-automatique fondé sur un référentiel de compétences. Il s'appuie sur un méta-modèle de stratégies pédagogiques à base de règles, ainsi que sur un algorithme exploitant ce méta-modèle pour proposer des ressources personnalisées à l'apprenant.

À court terme, nous allons appliquer ce processus aux quatre terrains du projet ComPer comprenant différentes matières (français, physique-chimie, et informatique) et des niveaux hétérogènes (enseignements secondaire et supérieur). Les expérimentations qui seront menées permettront d'évaluer la pertinence du processus de personnalisation. À plus long terme, nous souhaitons rendre le processus de personnalisation auto-adaptatif (*i.e.* capable d'analyser son propre fonctionnement) pour augmenter la qualité des recommandations proposées aux apprenants.

Références

1. Kravcik, M., Santos, O., Boticario, J., Bielikova, M., Horvath, T. : Preface. In M., K., Santos, O., Boticario, J., Bielikova, M., Horvath, T., eds. : Proceedings of the 5th International Workshop on PALE, held in conjunction with UMAP 2015. Volume 1388., CEUR Workshop Proceedings (06 2015) 1–7
2. Renninger, K., Su, S. : Interest and its development. In Ryan, R., ed. : The Oxford Handbook of Human Motivation. Oxford University Press (09 2012) 167–187

¹ Une meilleure résolution de l'image est disponible [ici](#)

3. Paramythis, A., Loidl-Reisinger, S., Kepler, J. : Adaptive learning environments and e-learning standards. In Williams, R., ed. : Second european conference on e-learning. Volume 1., Academic Conferences and Publishing International Ltd (10 2003) 369–379
4. Zhou, L., El Helou, S., Mocozet, L.e.a. : A federated recommender system for online learning environments. In Popescu, E., Li, Q., Klamma, R., Leung, H., Specht, M., eds. : Advances in Web-Based Learning - ICWL 2012. Volume 7558., Springer (09 2012) 89–98
5. Desarkar, M., Saxena, R., Sarkar, S. : Preference relation based matrix factorization for recommender systems. In Masthoff, J., Mobasher, B., Desmarais, M., Nkambou, R., eds. : UMAP. Volume 7379., Springer (09 2012) 63–75
6. Baidada, M., Mansouri, K., Poirier, F. : Hybrid recommendation approach in online learning environments. In Rocha, A., Serrhini, M., eds. : International Conference Europe Middle East and North Africa Information Systems and Technologies to Support Learning., Springer (06 2018) 39–43
7. Okpo, J., Masthoff, J., Dennis, M., Beacham, N. : Conceptualizing a framework for adaptive exercise selection with personality as a major learner characteristic. In Tkalcic, M., Thakker, D., eds. : Adjunct Publication of the 25th Conference on UMAP, ACM (07 2017) 293–298
8. Mandin, S., Guin, N., Lefevre, M. : Modèle de personnalisation de l'apprentissage pour un eiah fondé sur un référentiel de compétences. In Proceedings of The 7eme Conférence sur les EIAH, ATIEF (06 2015)
9. Ghauth, K., Abdullah, N. : Learning materials recommendation using good learners' ratings and content-based filtering. Educational Technology Research and Development 58(6) (12 2010) 711–727
10. Baidada, M., Mansouri, K., Poirier, F. : Personalized e-learning recommender system to adjust learners' level. In Bastiaens, T., Braak, J., Brown, M.e.a., eds. : Proceedings EdMedia+ Innovate Learning, Association for the Advancement of Computing in Education (06 2019) 1353–1357
11. Corbatto, M. : Modeling and developing a learning design system based on graphic organizers. In Tkalcic, M., Thakker, D., eds. : Adjunct Publication of the 25th Conference on UMAP, ACM (07 2017) 117–118
12. Frenoy, R., Soullard, Y., Thouvenin, I., Gapenne, O. : Adaptive training environment without prior knowledge : Modeling feedback selection as a multi-armed bandit problem. In Vassileva, J., Blustein, J., Aroyo, L., D'Mello, S., eds. : Proceedings of UMAP 2016, ACM (07 2016) 131–139
13. Nabizadeh, A., Mário Jorge, A., Paulo Leal, J. : Rutico : Recommending successful learning paths under time constraints. In Tkalcic, M., Thakker, D., eds. : Adjunct Publication of the 25th Conference on UMAP, ACM (07 2017) 153–158
14. Piñeres, C., Josyula, D., Jiménez-Builes, J. : Multi-level pedagogical model for the personalization of pedagogical strategies in intelligent tutoring systems. Dyna (Medellin, Colombia) (194) (12 2015) 185–193
15. Bendahmane, M., Falaki, B., Benattou, M. : Toward a personalized learning path through a services-oriented approach. International Journal of Emerging Technologies in Learning (14) (2019) 52–66
16. Spady, W. : Competency based education : A bandwagon in search of a definition. Educational researcher (1) (01 1977) 9–14
17. Champion, M., Fink, A., Rugeberg, B., Carr, L., Phillips, G., Odman, R. : Doing competencies well : Best practices in competency modeling. Personnel psychology (1) (03 2011) 225–262
18. Association, I.P.M. : Individual competence baseline : For project, programme and portfolio management. Technical report, International Project Management Association (IPMA) (2015)