



Mise en Place de la Personnalisation Dans le Cadre des MOOCs

*Florian CLERC, Marie LEFEVRE, Nathalie GUIN, Jean-Charles
MARTY*

Laboratoire LIRIS

Stage Master2 Recherche

Financé par la mission COAT du CNRS

MOOC

Résumé du rapport

Un des enjeux majeurs auquel les MOOCs devront répondre afin d'assurer leur pérennité future est de proposer aux apprenants des parcours personnalisés, évitant ainsi des difficultés récurrentes tel que le *dropout* (abandon). Nous proposons ici un modèle, $PERSUA2_{MOOC}$, permettant la mise en place de la personnalisation dans le cadre des MOOCs. Son but est de permettre aux enseignants et concepteurs de MOOCs d'exprimer leurs objectifs pédagogiques afin d'adapter leur cours à chacun. Les profils d'apprenant exploités pour la personnalisation sont notamment alimentés à partir des traces d'interaction des apprenants avec la plateforme de MOOC durant leurs activités. Une application a été réalisée à partir de ce modèle, en prévision d'expérimentations en conditions réelles.

Mots-clés

MOOC, personnalisation, modèle d'apprenant, stratégie pédagogique, assistance à l'enseignant, apprentissage adaptatif, modèle de connaissances.

Abstract

One of the major challenges MOOCs will have to face in the future is to offer personalized courses to learners. This could be an important solution to face problems such as dropout. This article presents the model $PERSUA2_{MOOC}$, which enables to perform personalization in MOOCs. Its goal is to enable MOOCs teachers and designers to express their pedagogical goals in order to adapt their courses to each learner. The learner profiles used for this personalization are essentially based on the interaction traces generated by learners during their activities on the MOOC platforms. An application has been realized to implement this model, in preparation for real-condition experimentations.

Keywords

MOOC, personalization, learner model, pedagogical strategy, teacher assistance, adaptive learning, knowledge model

Table des matières

Introduction	6
1 Contexte du stage et problématique	8
1.1 Contexte du stage	8
1.1.1 Laboratoire LIRIS	8
1.1.2 Projet COAT	9
1.1.3 Equipe du projet pour la personnalisation des MOOCs	10
1.2 MOOCs et personnalisation : État de l'art	10
1.2.1 Avancée des MOOCs et limitations	10
1.2.2 Travaux de personnalisation	11
1.3 Vision de l'équipe SILEX concernant la personnalisation	14
1.3.1 Processus global	14
1.3.2 PERSUA2 : Modèle pour la personnalisation des EIAH	15
1.4 Identification de la problématique de recherche	17
2 Proposition d'un modèle pour la personnalisation des MOOCs	18
2.1 Méthodologie	18
2.2 Étude approfondie des plateformes de MOOC	19
2.2.1 Fonctionnalités	19
2.2.2 Traces collectées.	20
2.3 Une adaptation nécessaire de PERSUA2	21
2.4 Le modèle PERSUA2 _{MOOC}	22
2.4.1 Structure du profil d'apprenant	24
2.4.2 Remarque sur la structure des ressources du MOOC	26
2.4.3 Structure du contexte 'live'	27
2.4.4 Structure du contexte de séquence	28
2.4.5 Modèle de description de la plateforme - OKEP	29
2.4.6 La stratégie pédagogique	30
2.5 Processus d'exploitation	31
2.6 Comparaison avec le modèle PERSUA2	32
2.6.1 Modèles	32
2.6.2 Stratégie pédagogique	33
2.6.3 Processus d'exploitation.	33
2.7 Processus de mise en place	33
2.7.1 Acteurs de la personnalisation	34
2.7.2 A propos des modèles	34
2.7.3 Les étapes de la mise en place de la personnalisation	35

3	Implémentation et évaluation	37
3.1	Technologies employées	37
3.2	Statut de l'application réalisée	38
3.3	Fonctionnement du point de vue utilisateur	39
3.3.1	Définition des différents éléments permettant la personnalisation	39
3.3.2	Test de la stratégie pédagogique	41
3.3.3	Affichage des statistiques concernant les apprenants	42
3.4	Contraintes de développement et architecture de l'application	43
3.4.1	Contraintes de développement	43
3.4.2	Fonctionnement du générateur de boussole	44
3.4.3	Résumé de l'architecture de l'application	45
3.5	Évaluation	45
3.5.1	Tests du noyau applicatif	45
3.5.2	Tests avec l'équipe pédagogique de FOVEA	47
3.5.3	Diffusion d'un questionnaire à diffusion large	48
3.6	Synthèse des évaluations	52
4	Discussion et perspectives d'évolution	53
4.1	Discussion	53
4.1.1	Intégration à d'autres plateformes et MOOCs	53
4.1.2	Apports du modèle	53
4.2	Perspectives	54
4.2.1	Interaction avec d'autres axes de recherche de COAT	54
4.2.2	Perspectives à long terme	54
4.2.3	Sur les données collectées et leurs usages.	55
	Conclusion	57
A	Fonctionnalités majeures des plateformes de MOOCs	61

Table des figures

1.1	Cycle de la personnalisation des EIAH	15
1.2	Processus de personnalisation des EIAH associé à PERSUA2	16
2.1	Fonctionnalités majeures des plateformes de MOOC	20
2.2	Définition formelle du modèle PERSUA2 _{MOOC}	23
2.3	Structure du profil d'apprenant dans un MOOC	24
2.4	Exemple de structure pour les ressources d'un MOOC	27
2.5	Structure du contexte 'live' dans un MOOC	28
2.6	Structure du contexte de séquence dans un MOOC	29
2.7	PERSUA2 _{MOOC} : processus d'exploitation	31
2.8	Évolution des modèles durant la mise en place de la personnalisation	36
3.1	Capture d'écran l'interface de définition d'une stratégie pédagogique	40
3.2	Architecture de l'application implémentant le modèle PERSUA2MOOC	46
3.3	Réponses à la question fermée sur les informations du profil d'apprenant	51
3.4	Réponses à la question fermée sur les activités à personnaliser	51
A.1	Fonctionnalités majeures des plateformes de MOOC - partie gauche	62
A.2	Fonctionnalités majeures des plateformes de MOOC - partie droite	63

Introduction

Les MOOCs (*Massive Open Online Courses* - ou CLOM en français : *Cours en Ligne Ouverts et Massifs*) sont des cours accessibles gratuitement *via* internet, et ouverts à tous. Ils regroupent en général un ensemble de ressources telles que des vidéos de cours, des leçons écrites,... et permettent d'évaluer les apprenants à travers des quiz et des problèmes à résoudre. Ils offrent également un forum, où les apprenants peuvent interagir. Aujourd'hui, ils sont surtout connus du grand public à travers des plateformes telles que Coursera [1], edX [2] ou encore FUN [3], où de grandes universités proposent leurs cours sous forme de MOOCs.

Les MOOCs peuvent être caractérisés par la très grande diversité des apprenants qui les fréquentent, que ce soit par leur âge, leur niveau de formation, leurs habitudes d'apprentissage... Un cours sur une plateforme de MOOC particulière a donc peu de chance de correspondre aux habitudes de tout le monde en matière de pédagogie. De plus, le nombre important de participants ne permet pas de mettre en place des solutions de type tutorat pour tous les apprenants. Une des solutions pour résoudre le problème qui est posé est donc de permettre une adaptation automatique de la plateforme et du contenu pédagogique en fonction de l'apprenant qui l'utilise et de ses caractéristiques. Ainsi, l'objectif général du travail qui est présenté ici est la réalisation et l'implémentation d'un modèle permettant à l'équipe pédagogique d'un MOOC de personnaliser leur MOOC à chacun des apprenants. On exploitera notamment l'ensemble des traces laissées par l'apprenant lors de son activité sur la plateforme, afin de calculer des indicateurs permettant de le caractériser, et lui permettre un meilleur apprentissage, évitant le phénomène de dropout (dans un MOOC, le taux d'abandon est presque toujours supérieur à 90%).

Ce stage s'est déroulé du 30 mars au 26 septembre 2014 à l'Université Claude Bernard Lyon 1, au sein du laboratoire CNRS LIRIS, équipe SILEX. Le travail s'inscrit dans le cadre d'un projet global : COAT, Connaissance Ouverte A Tous [4].

Dans un premier temps, nous présenterons la structure au sein de laquelle ce stage s'est déroulé. Ensuite, nous exposerons en détail les enjeux et attentes qui existent derrière la personnalisation des MOOCs, et présenterons les différents travaux qui ont été réalisés en ce sens par la communauté scientifique. Puis nous identifierons de manière précise la problématique de recherche qui se pose ici. Le modèle proposé pour permettre la personnalisation des MOOCs sera par la suite détaillé, suivi d'une exposition de l'implémentation de ce modèle, et de la manière dont il répond aux attentes des équipes pédagogiques de MOOCs. Enfin, une discussion concernant le travail réalisé sera l'occasion d'évoquer les perspectives d'évolution de la solution présentée, et l'interaction qui peut exister entre cette solution et d'autres travaux

Mise en Place de la Personnalisation
Dans le Cadre des MOOCs

menés au sein du projet COAT.

Partie 1

Contexte du stage et problématique

Cette première partie présente de manière globale le cadre dans lequel ce projet a été réalisé, et propose un état de l'art des différents travaux de personnalisation déjà publiés par la communauté scientifique et au sein du laboratoire LIRIS. Cette analyse permettra d'identifier de manière précise la problématique de recherche qui se pose ici.

1.1 Contexte du stage

1.1.1 Laboratoire LIRIS

Ce stage s'est déroulé dans le laboratoire LIRIS (*Laboratoire d'InfoRmatique en Image et Systèmes d'information*), un laboratoire UMR (Unité Mixte de Recherche) du CNRS. Le LIRIS a été fondé en 2003, et ses tutelles sont le CNRS, l'INSA de Lyon, l'Université Claude Bernard Lyon 1, l'Université Lumière Lyon 2 et l'École Centrale de Lyon, pour un effectif total de 320 personnes environ. Ses sujets de recherche en informatique sont très variés et concernent des domaines tels que la réalité augmentée, les bases de données, la découverte de connaissances,... réunis en deux départements principaux : le Département Image et le Département Données, Connaissances, Services. Dans ce second département se trouve l'équipe SILEX¹, dans laquelle le stage a été réalisé.

Les membres de l'équipe SILEX (*Supporting Interaction and Learning by Experience*) - qui sont au nombre de 48 - se concentrent sur des problématiques liées à trois thèmes, qui se retrouvent bien souvent en interaction dans les recherches menées. Le premier thème, *Dynamique des connaissances et expérience tracée*, vise à permettre l'exploitation des traces générées par un utilisateur (ou par un groupe d'utilisateurs) au cours de son activité dans un environnement informatique. Le but est ainsi de générer des connaissances à partir des traces d'interaction, et permettre leur utilisation à différentes fins, notamment explorées dans les deux autres thèmes de recherche de l'équipe SILEX. Ainsi, le deuxième thème concerne la *co-conception*

1. une réorganisation prochaine du laboratoire est prévue, et SILEX sera divisée en deux équipes : TWEAK et SICAL

d'EIAH situés. Les EIAH (*Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain*) développés ont pour but de faciliter la tâche d'apprentissage à un apprenant, en tenant par exemple compte de ses caractéristiques propres, ainsi que de proposer des outils aux enseignants pour piloter cet apprentissage. Enfin, le troisième thème concerne les *systèmes interactifs adaptatifs*. L'objectif est ici de concevoir et évaluer des systèmes ayant la possibilité de s'adapter aux différentes situations rencontrées lors de leur utilisation (notamment en s'adaptant aux utilisateurs). Les recherches visent aussi bien les systèmes s'adressant à un unique utilisateur qu'à la notion de travail collaboratif.

Le projet décrit dans ce rapport montre l'interaction qui existe entre ces thèmes au sein de l'équipe SILEX, puisque les deux premières thématiques de recherche ont été abordées, et leur combinaison permet au final de mettre en place la personnalisation dans le cadre des MOOCs. Nous détaillerons la problématique par la suite, mais les MOOCs sont en effet un type particulier d'EIAH, et le but est de permettre leur adaptation à chacun des apprenants en exploitant notamment les traces d'interaction générées par leur activité sur la plateforme de MOOC.

1.1.2 Projet COAT

COAT (Connaissances Ouvertes A tous) est une mission créée par le CNRS ayant pour but de coordonner les efforts de recherche actuellement réalisés en France dans le domaine des MOOCs. Son chargé de mission est Alain MILLE. Plus précisément ce projet, qui se déroule d'Avril 2013 à Décembre 2014, a deux objectifs majeurs : animer la communauté française de recherche sur les MOOCs, et réaliser un pilote MOOC à Lyon. Le MOOC FOVEA, cours sur l'anatomie humaine dispensé par Patrice THIRIET, a notamment été réalisé sur la plateforme Claroline Connect [5], et nous avons travaillé en collaboration avec les membres de son équipe pédagogique.

A Lyon, l'équipe SILEX (du laboratoire LIRIS) est inscrite dans la dynamique de ce projet, et le travail que nous avons réalisé s'inscrit pleinement dans son cadre : un des défis annoncés de ce projet est de permettre la personnalisation et l'adaptation du processus d'apprentissage au sein des MOOCs. D'autres travaux de recherche dans l'équipe SILEX visent à permettre la collecte des traces d'interaction d'un apprenant sur une plateforme de MOOC, et fournir des outils à des non-informaticiens afin d'exploiter ces traces, et en extraire des connaissances pertinentes. Les recherches concernent également la génération semi-automatique d'exercices (génération à la volée d'exercices à partir de données fournies par les enseignants, afin d'éviter que les apprenants ne soient sans cesse confrontés au même exercice lorsqu'ils souhaitent s'entraîner).

Pour plus d'informations sur le projet COAT, un wiki est mis à disposition du public, afin d'exposer l'évolution des recherches au sein de ce projet [4].

1.1.3 Equipe du projet pour la personnalisation des MOOCs

Les différentes phases du projet ont donné lieu à une part d'autonomie très importante pour l'organisation du travail. Néanmoins, une collaboration étroite avec Marie LEFEVRE, tutrice du projet, a permis d'en définir les orientations principales, et d'en valider le bon déroulement progressivement. Nathalie GUIN et Jean-Charles MARTY ont également encadré ce projet à travers des rencontres régulières, apportant à travers leur expérience et leur vision de la personnalisation des éléments importants pour l'avancée des recherches et la validation de l'implémentation. Trois réunions ont également été organisées avec Patrice THIRIET et Alain MILLE, respectivement enseignant et concepteur du MOOC FOVEA, afin d'exposer les avancées de ce travail et la manière dont il s'inscrit dans le projet global COAT.

1.2 MOOCs et personnalisation : État de l'art

1.2.1 Avancée des MOOCs et limitations

Les MOOCs ont traversé une période de croissance très forte ces deux dernières années. Des millions d'apprenants, de tous pays et de tous horizons culturels, ont ainsi eu accès à des cours gratuits dispensés par les Universités les plus prestigieuses du monde entier. Ainsi, lors de son discours à la conférence EMOOCs2014 [6] (référence européenne en la matière), Patrick Aebischer, président de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne et à l'origine de nombreux MOOCs, a reconnu que le phénomène MOOC allait certainement changer le monde universitaire dans les années à venir [7]. Cependant, il a tenu à souligner - tout comme de très nombreux spécialistes et acteurs dans le domaine - qu'il faudrait pour cela surmonter certaines limitations rencontrées par les MOOCs, et qui pourraient entraver leur évolution. Le problème de la triche est une de ces limitations, tout comme les questions soulevées par le statut du savoir (sous quelle licence le partager,...) ou encore la certification (qui demande, pour être reconnue par tous, un travail important d'un point de vue politique)². Une autre problématique concerne la diversité des apprenants qui s'inscrivent à un MOOC, voir par exemple à ce sujet l'article de Matthieu Cisel [8] exposant les statistiques recueillies lors du MOOC *ABC de la Gestion de Projet*, de Rémi Bachelet. Tous ces apprenants ont nécessairement des attentes, des connaissances de base ou encore des manières d'apprendre très différentes. Or, actuellement, il n'y a qu'un seul et unique parcours dans un MOOC, qui ne conviendra pas forcément à tous. Outre le fait que le processus d'apprentissage soit ainsi loin d'être optimal pour chacun des apprenants, les frustrations et découragements qui peuvent alors en découler ont pour conséquence une autre problématique majeure pour les MOOCs : le dropout (abandon). Cette problématique a été évoquée en de très nombreuses occasions au cours de la conférence EMOOCs2014 : elle est même le sujet central de cinq de ses publications analysant le comportement des apprenants

2. Pour plus de détails sur la dynamique actuelle des MOOCs, et une comparaison entre les Etats-Unis et la France dans le domaine, nous avons réalisé une veille technologique, quia peut être consultée à l'adresse <http://florianclerc.com/mooc>

dans les MOOCs, [9], [10], [11]; et ayant pour but de faire reculer ce phénomène [12], [13]. Elle apparaît comme l'une des priorités pour les acteurs du monde des MOOCs, notamment évoquée dans la *keynote session* de Patrick Aebischer [7] lors de cette conférence. En ce sens, et dans la mesure où le nombre d'apprenants dans un MOOC est bien trop important pour mettre en place des tutorats, beaucoup d'entre eux voient la personnalisation de l'apprentissage comme la solution la plus efficace. C'est notamment le cas du rapport *The Maturing of the MOOC* [14], réalisé par des membres du Département des Affaires, de l'Innovation et du Savoir-faire britannique. Dans ce rapport de 2013, il est indiqué que la personnalisation du parcours, en fonction du profil de chaque apprenant, peut être une des clés pour réduire l'abandon. Plus récemment, au cours de l'École thématique CNRS MOOC et EIAH de juillet 2014, la personnalisation dans les MOOCs a de nouveau été identifiée comme un axe majeur d'amélioration et de recherche du domaine, et une table ronde lui a été entièrement dédiée.

Les MOOCs étant un cas particulier des EIAH (*Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain*), nous allons voir dans la section suivante quelles sont les principales approches employées pour permettre la personnalisation dans ces dispositifs, ainsi que les travaux qui ont déjà été réalisés en ce sens dans le domaine des MOOCs.

1.2.2 Travaux de personnalisation

Différentes approches pour la personnalisation des EIAH.

Approches centrées sur les apprenants. De nombreux travaux concernant la personnalisation sont centrés sur l'apprenant et la manière dont doivent être utilisées les informations que l'on a pu obtenir sur lui. Deux courants principaux peuvent être identifiés. Le premier fait appel à la notion de stéréotype [15], ensemble de caractéristiques réunies qui sont généralement observées chez des apprenants. Le but est alors, pour chacun des apprenants, de déterminer le stéréotype dont il se rapproche le plus, pour ensuite lui proposer les activités correspondantes. Mais une limitation majeure des stéréotypes peut être directement identifiée : ils ne prennent pas en compte toutes les spécificités d'un apprenant en particulier (l'affectation d'un stéréotype à un apprenant contient nécessairement un certain degré d'approximation, l'apprenant ayant peu de chance de correspondre en tous points aux caractéristiques associées).

Afin de pallier à cette limitation, il peut être fait appel à des profils d'apprenant [16], la structure dans laquelle toutes les informations qui concernent un individu en particulier seront stockées. Les indicateurs contenus dans ce profil peuvent donc refléter de manière très fine les compétences et toutes les spécificités d'un apprenant. De la sorte, la personnalisation qui sera proposée à l'apprenant pourra elle aussi correspondre de manière très précise à ce qui sera la plus efficace pour l'individu tout au long de son processus d'apprentissage. Nous détaillerons cette approche dans la suite de ce rapport : il s'agit de celle que nous avons suivie pour notre modélisation.

Un des premiers systèmes de personnalisation hypertexte créé pour navigateurs

web en 1998 [17], exploite ce concept de profil d'apprenant de manière simple. Dans le système InterBook présenté par Brusilovsky, chaque ressource consultée par l'apprenant est caractérisée par des concepts prérequis (nécessaires pour sa compréhension), et des concepts appris (ce que l'apprenant saura une fois la ressource consultée). Le système stocke ainsi, pour chaque apprenant, la liste des concepts qu'il maîtrise ou non, et est ainsi capable d'effectuer des recommandations et de guider un apprenant dans un cours. Il s'inscrit dans le cadre de l'approche 'outcome-based education' [18] que l'on retrouve dans de nombreux autres systèmes réalisés depuis, et un projet européen existe, ayant pour but la standardisation des ressources d'apprentissage [19]. Des exemples de construction de telles ontologies sont disponibles [20], et exposent l'exploitation qui peut en être faite en interaction avec des profils d'apprenants. La principale limitation qui ressort de ces travaux et des expérimentations qui ont été réalisées à partir de leurs approches est que, si elles conviennent bien souvent à des étudiants ayant développé des habitudes d'apprentissage solides, il n'en va pas de même pour tous les apprenants au sens large [21]. Ces systèmes ne permettent en effet pas de pallier aux manques de méthodologie et de motivation des apprenants lors de leur apprentissage. Dans le même ordre d'idée, certaines approches [22] se basent sur des taxonomies décrivant un domaine, et les utilisent afin de déterminer les écarts qui peuvent exister entre ce que sait un apprenant en particulier et les objectifs d'un cours ou d'une ressource (on parle d'*educational gap*).

Approches centrées sur les enseignants. Une autre approche, qui concerne l'enseignement de manière plus générale, introduit la notion de scénario d'apprentissage, « la description, effectuée a priori ou a posteriori, du déroulement d'une situation d'apprentissage » [23]. Il s'agit d'une approche centrée sur l'activité, et non pas sur les objets de contenu ; l'activité est alors dissociée des ressources auxquelles elle fait appel. Elle permet ainsi de constituer des scénarios en fonction de différents critères, que l'enseignant peut manipuler et adapter à ses besoins propres, en fonction de la situation dans laquelle il se trouve et des apprenants avec lesquels il interagit. En agissant sur ces critères, l'enseignant peut donc personnaliser les activités qu'il propose aux apprenants.

Traitements pour la personnalisation. Certains travaux ont pour objectif de prendre en compte pleinement les informations qui peuvent être obtenues à propos d'un apprenant et qui sont contenues dans son profil (ou à travers le stéréotype auquel il appartient), pour ensuite lui proposer un apprentissage personnalisé : [24] exploite par exemple des informations sur la mémoire de travail de l'apprenant pour lui formuler des recommandations. D'une manière générale toutes les techniques de l'intelligence artificielle (réseaux bayésiens, data-mining, algorithmes génétiques,...) peuvent être utilisées pour aborder le domaine de la personnalisation de l'apprentissage [25] en utilisant notamment les taxonomies des domaines étudiés. Avec l'éclosion des MOOCs, le crowdsourcing prend aussi une grande importance dans les systèmes de personnalisations, des informations issues des expériences et avis de chacun des apprenants pouvant en effet être exploitées pour optimiser l'adaptation à chacun.

D'une manière plus avancée, mais aussi plus complexe, des travaux ont égale-

ment été réalisés qui permettent de déterminer directement en collaboration avec l'apprenant ce qui lui conviendra le mieux. Ainsi, [26] couple l'apprentissage basé sur les compétences et le *Self-regulated learning*, et l'implémente dans le contexte de la plateforme Moodle.

Travaux connexes.

Plusieurs travaux œuvrant dans le sens de la personnalisation pour les apprenants dans le domaine des MOOCs ont été exposés lors de la conférence EMOOCs2014 [6].

Tout d'abord, un outil nommé MyLearningMentor [27] permet de coacher les apprenants dans les MOOCs. Dans la mesure où l'apprentissage dans un MOOC est sensiblement différent des conditions classiques, et que certains participants n'ont pas un niveau d'études très avancé, son objectif est notamment de les aider à s'organiser et mettre en place des habitudes de travail (à travers un planning, l'exposition de quelques conseils pratiques pour bien étudier,...). Les créateurs de cet outil l'ont élaboré en raison du manque d'informations et d'aide qui peuvent être prodigués par les professeurs au sein d'un MOOC, et le voient donc comme un substitut aux conseils qu'un enseignant peut donner en situation d'apprentissage classique. Il diffère ainsi de nos objectifs et de notre démarche dans la mesure où notre but ici est d'intégrer pleinement l'équipe pédagogique à la personnalisation d'un MOOC, et de pousser la personnalisation à un degré plus avancé, en permettant par exemple aux apprenants de suivre un parcours pédagogique qui leur conviendra au mieux.

La même équipe de chercheurs propose un autre outil, nommé moocrank [28], qui permet quant à lui de trouver les MOOCs qui conviennent le mieux possible à un apprenant en particulier, en se basant sur les prérequis et les *learning outcomes*. Ce système demande à un apprenant quels sont ses objectifs d'apprentissage, qu'il exprime en s'appuyant sur une taxonomie du domaine qu'il souhaite étudier, comme par exemple l'informatique. Puis le système détermine quel MOOC peut être le plus pertinent pour lui en comparant les objectifs de l'apprenant, et les *learning outcomes* des MOOCs, eux aussi exprimés grâce à la taxonomie du domaine. Ce travail se situe donc à un niveau différent du notre (notre système aura pour objectif de personnaliser l'apprentissage une fois que l'apprenant se trouve dans un MOOC en particulier), et pourrait être employé comme un complément pour couvrir les différentes phases de l'expérience d'un utilisateur sur une plateforme de MOOCs : sélection d'un cours, puis apprentissage au sein de ce cours.

Toujours dans la même conférence, le projet momamooc [12] aborde lui aussi la personnalisation, notamment en considérant le phénomène de dropout (beaucoup d'abandons par les apprenants sont observés dans les MOOCs en général). Il propose ainsi d'étudier l'activité des apprenants sur la plateforme afin de détecter tout signe de démotivation (ce qui est bien entendu complexe à mesurer) et, le cas échéant, de prendre des mesures pour éviter l'abandon de l'apprenant (messages personnalisés,...). Nous y reviendrons plus tard, mais ces considérations sur l'activité de l'apprenant ont inspiré la manière dont les profils d'apprenants ont été réalisés au cours de notre projet. momamooc considère également les objectifs fixés par un apprenant afin de calculer l'écart qui existe entre ces objectifs et son niveau réel,

déterminé grâce à ses résultats de tests. Ainsi, grâce à un calcul de *gap*, la plateforme de MOOC peut lui proposer des activités de remédiation en cas de faiblesse. L'approche suivie ici est relativement semblable à celle que nous voulons aborder, avec l'analyse des traces d'activité de l'apprenant et de ses résultats aux tests. Nous souhaitons cependant permettre une personnalisation plus large, ne se limitant pas à la proposition d'activités de remédiation en cas de difficulté, mais bien un parcours complet personnalisé pour l'apprenant.

Pour chacun des trois articles précédents, une première version implémentant le modèle présenté a été réalisée en 2013, mais aucune publication ni évolution n'est à noter depuis sur les sites internet concernés.

Le projet POEMs (Personalised Open Education for the Masses, voir [29] pour une présentation rapide du projet, et [30] pour une conférence sur le sujet) se base sur les trajectoires suivies par les différents apprenants au sein d'un MOOC, et les analyse afin de construire de nouvelles trajectoires pour chaque étudiant en fonction de ses caractéristiques, qui sont réunies dans un profil. Le but est ainsi de détecter quelles sont les trajectoires qui peuvent mener les apprenants aux succès, et de donner à chacun celle qui lui conviendra le mieux. Concrètement, ces optimisations sont réalisées grâce à des algorithmes de colonies de fourmis. Le résultat obtenu par ce système - avoir un parcours adapté à chaque apprenant - est ce que nous visons. Cependant, le but n'est pas ici (du moins dans un premier temps) de se baser sur les trajectoires d'autres apprenants pour déterminer un parcours personnalisé, mais bien de permettre à un enseignant de définir la façon dont la personnalisation doit être réalisée.

De nombreux autres articles ont eu leur importance tout au long de la réalisation de ce projet, et qui concernent directement les modèles qui seront décrits dans la section 2. Ainsi, plutôt que de les énumérer au sein de la présente section, nous évoquerons ces références bibliographiques dans le contexte précis où elles nous ont été utiles.

1.3 Vision de l'équipe SILEX concernant la personnalisation

La section 1.2.2 a livré un aperçu global de la manière dont la personnalisation peut être orchestrée dans le domaine des EIAH en général. Il s'agit d'une des thématiques de recherche centrales au sein de l'équipe SILEX. Nous allons ainsi dans cette nouvelle section détailler la manière dont la démarche de personnalisation est perçue au sein de cette équipe, et qui est celle que nous suivrons afin de permettre la personnalisation dans le cadre des MOOCs.

1.3.1 Processus global

Le principe de ce processus présenté en figure 1.1 est simple : au sein d'un MOOC, les apprenants vont réaliser des activités, au cours desquelles toutes leurs

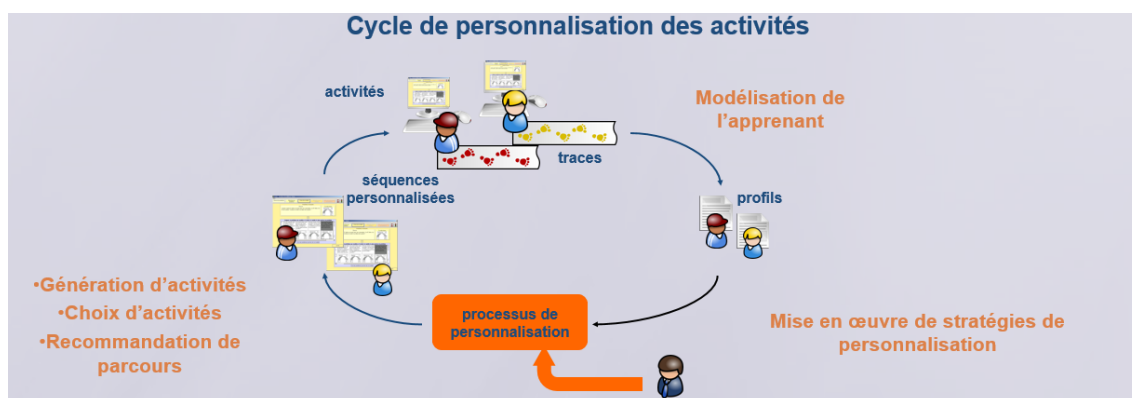


FIGURE 1.1 – Cycle de la personnalisation des EIAH [4]

actions vont pouvoir être tracées. Grâce aux traces générées par ces interactions avec la plateforme, un profil d'apprenant va pouvoir être généré pour chacun. L'équipe pédagogique en charge du MOOC va de son côté définir une stratégie pédagogique. Cette stratégie pédagogique va permettre de déterminer de manière automatique pour chacun des apprenants de nouvelles activités et de nouveaux parcours, en fonction des informations contenues dans son profil. Puis, le cycle va pouvoir recommencer, puisque de nouvelles traces vont être générées par les apprenants lorsqu'ils réaliseront ces activités.

Concernant le bloc "Processus de personnalisation" présent dans ce cycle, un modèle a déjà été élaborée dans l'équipe Silex, et c'est à partir de ce modèle que la personnalisation dans les MOOCs va pouvoir être abordée.

1.3.2 PERSUA2 : Modèle pour la personnalisation des EIAH

Nous allons dans cette partie exposer les grands principes du modèle PERSUA2, qui a été adapté lors de ce projet pour mettre en place la personnalisation dans le cadre des MOOCs. Pour plus de détails sur ce modèle, [31] et [32] peuvent notamment être consultés. PERSUA2 - modèle permettant une *PERSONNALISATION UNIFIÉE DES ACTIVITÉS D'APPRENTISSAGE* - a été défini afin permettre la personnalisation des activités pédagogiques impliquant un unique apprenant, notamment celles qui utilisent des EIAH : c'est la partie du modèle qui nous intéresse ici. Ce modèle peut être expliqué à partir de son processus d'exploitation présenté en figure 1.2 (une définition formelle est donnée dans [32], et inspirera la définition formelle que nous ferons dans 2.4).

On retrouve en entrée du processus global les profils d'apprenants qui sont utilisés pour permettre l'adaptation des activités à chacun. A chaque apprenant correspond un profil qui lui est propre, et contient des informations sur lui qui vont pouvoir être exploitées par la suite dans le processus de personnalisation.

L'enseignant définit de son côté une stratégie pédagogique, qui est un ensemble de règles sous la forme 'SI...ALORS...SINON...' Les conditions de ces règles sont des contraintes sur les valeurs prises par les indicateurs³ dans le profil d'apprenant. Les

3. Dans ce projet nous regroupons sous le terme d'*indicateur* toute variable (pouvant prendre

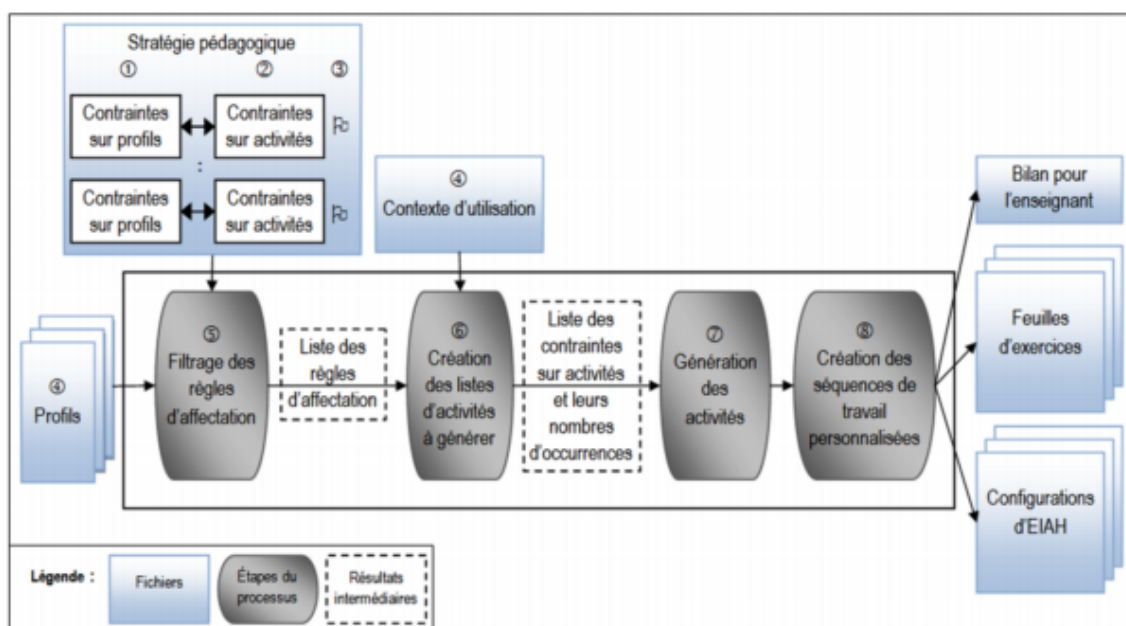


FIGURE 1.2 – Processus de personnalisation des EIAH associé à PERSUA2 [32]

conséquences sont quant à elles des listes d'activités (elles aussi contraintes selon certains paramètres) qui devront être réalisées par l'apprenant s'il vérifie - ou non - ces conditions. L'enseignant définit également un contexte d'utilisation, qui explicite la situation dans laquelle les apprenants vont évoluer lorsqu'ils réaliseront les activités (par exemple le nombre d'activités qu'ils auront à réaliser, le support sur lequel ces activités seront faites, la liste des apprenants qui participeront à la séance...). Ainsi lorsqu'une liste d'activités adaptée à un apprenant devra être générée, la première étape sera, à partir du profil de l'apprenant et de la stratégie pédagogique, un filtrage sur les règles pédagogiques pour savoir lesquelles s'appliquent à l'apprenant (en analysant tout simplement la partie 'SI' de la règle, et en comparant les valeurs des indicateurs qui y sont utilisés avec celles contenues dans le profil de l'apprenant). Ensuite, à partir du contexte d'utilisation, qui peut être vu comme un ensemble de contraintes globales sur la séance qui sera réalisée par l'apprenant, une liste d'activités à générer est déterminée. Une fois ces activités générées, les séquences de travail complètes pourront être données aux apprenants, et elles prendront la forme de feuilles d'exercices, ou de configurations d'EIAH.

Modèles utilisés dans PERSUA2.

Au sein même de ce modèle PERSUA2, il est fait appel à d'autres modèles afin de caractériser les éléments principaux permettant la personnalisation. Le modèle PMDL [33] est un langage qui permet la description des profils d'apprenant. Son extension, cPMDL [32], permet en plus d'exprimer des contraintes sur les informations qui sont contenues dans un tel profil d'apprenant. Cela permettra notamment

des valeurs numériques ou non) permettant de stocker une information - obtenue parfois à l'aide d'algorithmes complexes - à propos d'un apprenant.

dans notre projet de définir des règles, dont les conditions sont exprimées à partir de telles contraintes

Un autre modèle est utilisé afin de permettre la configuration des EIAH et la caractérisation des activités qui peuvent être réalisées grâce à de tels systèmes. Ces activités qui peuvent être réalisées sont décrites dans le modèle OKEP de l'EIAH en question [32]. Pour chaque activité, il est possible de définir des paramètres concernant la manière dont elle doit être générée. Le méta-modèle AKEPI indique les informations qu'un modèle OKEP doit contenir : il indique ainsi les connaissances qu'il est nécessaire de fournir afin de pouvoir paramétrer les activités réalisées sur l'EIAH donné, et donc permettre sa personnalisation.

Nous avons ici décrit les principes de PERSUA2, il est la source de notre travail concernant la personnalisation dans le cadre des MOOCs.

1.4 Identification de la problématique de recherche

A partir du modèle qui vient d'être présenté, une problématique a été identifiée :

De quelle manière le modèle PERSUA2 doit il être adapté afin de permettre la mise en place de la personnalisation pilotée par l'équipe pédagogique, tenant compte des spécificités et des interactions avec la plateforme de chaque apprenant dans le cadre des MOOCs ?

L'objectif est donc de réaliser un modèle générique pour la personnalisation des MOOCs, qui permette à une équipe pédagogique de définir de manière complète la stratégie qui leur semble idéale pour un apprentissage adapté à chacun des participants.

Les limites du modèle PERSUA2 pour son application aux MOOCs ont donc été identifiées, puis des adaptations permettant de dépasser ces limites proposées. Cette démarche a notamment été inspirée des actuels besoins exprimés par les acteurs du monde des MOOCs en termes de personnalisation. Le modèle complet et les possibilités qu'il offre ont ensuite été implémentés, dans l'optique d'expérimentations en conditions réelles. Cette implémentation est réalisée en priorité sur la plateforme Claroline Connect [5], sur laquelle est hébergée le MOOC FOVEA (cours sur l'anatomie humaine), au cœur du projet COAT.

Partie 2

Proposition d'un modèle pour la personnalisation des MOOCs

Cette partie est dédiée à l'exposition du modèle de personnalisation permettant la mise en place de la personnalisation dans le cadre des MOOCs. Elle présente notamment une définition formelle de ce modèle, ainsi que les processus qui permettront son exploitation et son intégration aux plateformes de MOOCs.

2.1 Méthodologie

Voici la marche de réflexion qui a été suivie tout au long de ce projet afin de déterminer un modèle, à partir de PERSUA2, qui permette la personnalisation dans le cadre des MOOCs.

Tout d'abord, nous avons réalisé une étude approfondie des plateformes de MOOC actuellement proposées sur le marché, afin de dresser une liste complète des fonctionnalités qui sont proposées. A partir de cet état de l'art, nous avons ainsi pu déterminer ce sur quoi il serait possible d'agir dans le cadre de la personnalisation pour les apprenants. Le même type d'étude a été réalisé afin de savoir quelles informations sur les apprenants étaient actuellement collectées sur les plateformes lors de la réalisation des activités. Grâce à ces études et à l'analyse de nombreux articles publiés par des acteurs importants du monde des MOOC concernant leur vision sur l'étude du comportement des apprenants, nous avons pu identifier les limites du modèle PERSUA2.

Un nouveau modèle a alors été proposé, élaboré à partir de PERSUA2. Puis, toujours à partir des études évoquées précédemment et d'articles, les différents éléments de ce modèle ont été construits : modèle de profil d'apprenant, modèle de description d'une plateforme de MOOC (modèle OKEP),...

Le processus d'exploitation et le processus de mise en place ont ensuite été eux-mêmes adaptés, afin notamment de savoir de quelle manière les rôles étaient distribués entre l'équipe pédagogique du MOOC, les administrateurs de la plateforme et les apprenants.

Enfin, l'implémentation a directement mis en application ce modèle afin de fournir des outils concrets aux équipes pédagogiques de MOOCs.

Ce modèle a également été confronté aux attentes en termes de personnalisation des enseignants et équipes pédagogiques des MOOCs, à travers la diffusion d'un questionnaire et des entretiens avec les concepteurs du MOOC FOVEA.

2.2 Étude approfondie des plateformes de MOOC

2.2.1 Fonctionnalités

La première grande étape a donc été la réalisation d'un état de l'art complet concernant les plateformes de MOOC. Une première cartographie concernant les fonctionnalités disponibles sur ces plateformes a ainsi été élaborée. Les plateformes sur lesquelles nous nous sommes basés sont les suivantes (qui étaient les plateformes les plus importantes dans le monde et en France au moment où nous réalisons notre projet) : OpenClassrooms, edX, Coursera, Udemy, Claroline, Solerni, UNOW, FUN, Canvas, FutureLearn, Udacity.

Nous avons tout d'abord analysé toutes les plateformes citées ci-dessus afin de déterminer l'intégralité des fonctionnalités qui y sont proposées. Afin de faciliter la suite de l'étude, nous avons catégorisé ces fonctionnalités, réunissant celles qui correspondaient à la même thématique (nous évoquerons ces catégories par la suite). Nous avons ensuite repris chaque fonctionnalité et regardé, pour chacune des 11 plateformes, si elle y était implémenté ou non. A partir de ces données, nous avons déterminé quelles étaient les fonctionnalités majeures, que l'on retrouve sur toutes les plateformes ou presque. Pour considérer une fonctionnalité comme *majeure*, nous avons utilisé les critères suivants : elle doit être implémentée sur au moins 6 des plateformes étudiées, et les plateformes l'implémentant doivent compter au moins 6 millions d'inscrits (sur les 12 millions d'apprenants qu'elles comprennent en tout). Cette dernière étape a ainsi permis d'éliminer quelques fonctionnalités présentes sur certaines plateformes, mais dont nous ne tiendrons pas compte dans la suite de notre étude, dans la mesure où elles sont encore trop peu implémentées. Cependant, et nous le verrons par la suite, le modèle proposé sera suffisamment générique pour que de nouvelles fonctionnalités puissent être prises en compte sans aucune difficulté (parmi ces fonctionnalités, il y a notamment la participation à des hangouts, l'utilisation de messages privés ou d'un système de messagerie instantanée).

Nous avons ainsi abouti à une cartographie complète des fonctionnalités majeures disponibles à l'heure actuelle sur les plateformes de MOOCs, réunies selon plusieurs catégories présentées en figure 2.1. Ces principales catégories sont donc l'apprentissage, les échanges avec les autres participants aux MOOCs, la participation à des évaluations, la navigation sur la plateforme et le suivi de la progression. Une catégorie se nomme 'Personnaliser son expérience', mais les fonctionnalités qu'elle contient restent loin des objectifs qui sont poursuivis au sein de ce projet. Un certain degré de personnalisation de l'expérience de l'apprenant est en effet possible mais il ne concerne que la modification des informations de base de l'apprenant (son nom, son prénom, sa nationalité), ou un changement de langue de la plateforme.

Pour plus de détails sur tous les axes de cette cartographie, l'annexe A permet de voir les éléments contenus par chacun d'entre eux.

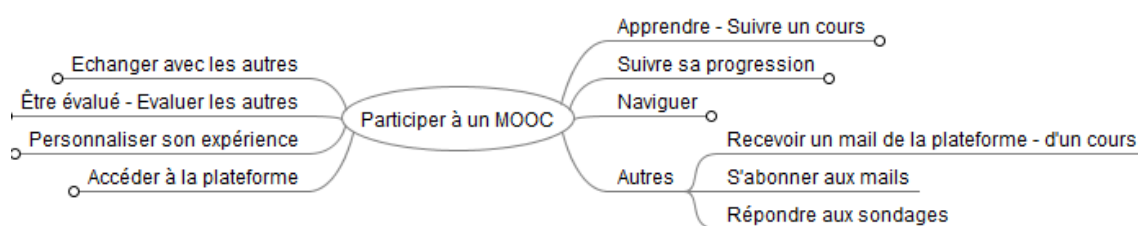


FIGURE 2.1 – Fonctionnalités majeures des plateformes de MOOC

2.2.2 Traces collectées.

Comme nous l’avons indiqué, la source principale d’informations que nous souhaitons utiliser afin de caractériser les apprenants est l’ensemble des traces d’interactions qu’ils laissent lors de leurs activités sur la plateforme. C’est donc tout naturellement que nous avons réalisé une étude bibliographique afin de savoir quelles informations sont recueillies sur les apprenants dans un MOOC.

Afin de réaliser cet état de l’art des traces qui sont actuellement collectées sur les plateformes, nous avons utilisé plusieurs sources :

- Dans le cadre du MOOC FOVEA, une extension pour navigateur TraceME [34] permet de tracer l’ensemble des activités de l’apprenant. Nous nous sommes ainsi inspiré du modèle de trace (voir [35] pour la définition formelle d’un modèle de trace). utilisé dans cette extension : il permet de connaître tous les événements provoquant la création d’une trace, ainsi que toutes les informations que contient une telle trace (ce modèle est très complet et complexe).
- De nombreux articles ont été publiés par des équipes ayant réalisé des MOOCs et analysé les traces d’interaction des utilisateurs, voir par exemple [36], [37] et [38].
- Les politiques de confidentialité des plateformes font elles aussi apparaître, pour des raisons de légalité, les données qui sont collectées concernant les apprenants.
- Le code de la plateforme edX étant open-source depuis maintenant un an, la documentation en est disponible directement en ligne, et une page [39] détaille les traces qui sont collectées (donnant même le format JSON dans lequel elles sont collectées).

Globalement, nous avons pu en retirer que tout clic de l’apprenant est stocké sur toutes les plateformes majeures de MOOCs, notamment Coursera et edX. Les informations stockées avec chacun de ces clics diffèrent en fonction des plateformes considérées. Cependant, nous avons identifié un socle commun, que toutes ces plateformes semblent reprendre. A partir de ce socle commun, voici les informations que nous supposons collectées lors de chaque clic :

- l’identifiant de l’action (événement) correspondante (consulter une ressource, mettre un vidéo en pause, poster un message,...),
- l’identifiant (ou l’URI¹) de la ressource sur laquelle l’évènement se produit,

1. Uniform Resource Identifier - Un URI doit permettre d’identifier une ressource de manière permanente, même si la ressource est déplacée ou supprimée. (*Wikipédia*)

- l’identifiant de l’utilisateur,
- la date et l’heure (timestamp),
- (optionnel) la durée de l’action,
- (optionnel) dans le cas du clic sur un lien : l’id de la ressource vers laquelle le lien mène.

Nous n’avons pas pour ambition de définir ici un modèle de trace générique à toutes les plateformes, mais indiquons simplement quelles sont les informations minimales (ou fortement souhaitables) que devraient contenir les traces afin de permettre le calcul d’informations pertinentes sur l’apprenant en vue de la personnalisation. Lors de la définition du modèle de profil d’apprenant, nous supposons ainsi que ces données sont effectivement collectées ; leur collecte fait partie du cadre d’application de notre travail.

2.3 Une adaptation nécessaire de PERSUA2

Le modèle PERSUA2 répond à trois critères [31]. Il permet à la fois de prendre en compte les individualités des apprenants, ainsi que les besoins et habitudes pédagogiques des enseignants. Enfin, il permet d’affecter des activités aux apprenants. Ces trois critères correspondent à ce que nous souhaitons en termes de personnalisation ici, et le modèle PERSUA2 est donc exploitable dans cette optique.

Cependant, le modèle PERSUA2 décrit dans la section 1.3.2 a été élaboré dans un contexte où les MOOCs n’existaient pas encore (ou du moins n’étaient pas aussi répandus qu’aujourd’hui). Après confrontation de ce modèle aux caractéristiques des MOOCs, il s’est avéré que quelques adaptations étaient nécessaires.

Tout d’abord, le domaine d’application de PERSUA2 concerne un apprenant seul et sans possibilité de collaboration. Or les MOOCs ont une caractéristique sociale fondamentale, puisqu’ils permettent aux apprenants d’interagir. Il faudra donc tenir compte de ces possibilités lorsque des activités seront proposées aux apprenants.

Ensuite, dans PERSUA2, les règles pédagogiques définies par l’enseignant se basent uniquement sur des profils d’apprenant contenant des informations sur les apprenants (compétences, connaissances, comportement,...). Ces informations peuvent être très variées, mais sont uniquement mises à jour après la réalisation d’une activité. Ainsi, quel que soit le contexte dans lequel l’apprenant réalise une activité et le moment où il travaille, les informations que l’on a sur lui sont fixes durant la réalisation de cette activité. Or dans les MOOCs (et pour certains EIAH aussi), d’autres informations pertinentes que ces informations fixes ont leur importance pour proposer à l’apprenant des activités qui lui sont totalement adaptées. Parmi ces informations, on retrouve par exemple l’appareil qu’il utilise pour se connecter à la plateforme de MOOC (ordinateur, tablette, smartphone), le bande passante dont il dispose,... D’autres éléments, comme par exemple le nombre de professeurs disponibles sur la plateforme au moment où il se connecte, vont permettre de caractériser l’environnement général dans lequel se trouve l’apprenant. Ainsi il semble nécessaire pour l’équipe pédagogique, lorsqu’elle définit sa stratégie, de disposer d’un ensemble d’informations en plus du profil d’apprenant. Nous le verrons dans la sec-

tion suivante, cela se traduira par l'ajout d'un contexte 'live' en entrée du processus d'exploitation.

Un autre besoin d'adaptation que nous avons identifié concerne les sorties du processus d'exploitation de PERSUA2. En effet, le but de ce modèle dans le cadre des EIAH est de configurer directement ces systèmes, afin de forcer l'apprenant à réaliser les activités qui sont obtenues par l'exploitation de la stratégie pédagogique de leur enseignant. Or les MOOCs s'inscrivent dans une autre philosophie, en raison notamment du fait qu'ils se trouvent sur des plateformes web, et attire un public très varié. Un des principaux arguments des MOOCs est le fait que tout apprenant peut avoir accès à toutes les ressources d'un cours librement, et sans aucune restriction. Une solution de personnalisation qui le forcerait à consulter certaines ressources, rendant les autres indisponibles, serait très certainement mal perçue, et irait à l'encontre de l'esprit général des MOOCs. Ainsi, toute solution de personnalisation dans le cadre des MOOCs doit se baser sur des recommandations, et non des contraintes : il faut indiquer à l'apprenant quel parcours et quelles activités semblent lui être plus adaptés, mais sans pour autant l'empêcher de consulter les autres ressources. Cela se manifestera dans notre modèle par l'édition d'une boussole, liste de liens vers les ressources et activités que l'apprenant est invité à consulter et réaliser. Notons au passage que cela simplifiera grandement le travail d'implémentation : il n'existe en effet pas encore à notre connaissance de plateforme de MOOC qui permette de contraindre l'activité d'un apprenant en particulier (du moins les plateformes les plus utilisées ne le proposent pas).

Enfin, un autre élément semble nécessaire pour les MOOCs, et est absent du contexte d'utilisation tel qu'il existe dans PERSUA2. Lors du lancement d'un MOOC, il arrive que toutes les ressources soient déjà disponibles sur la plateforme, car elles ont déjà été achevées et chargées par l'équipe pédagogique. Cependant, lors de la première séquence du MOOC par exemple, toutes les ressources ne doivent pas être utilisées (certaines sont destinées à être seulement utilisées ultérieurement). Or il n'existe pas, dans PERSUA2, de moyen pour l'équipe pédagogique de restreindre explicitement et facilement l'ensemble des ressources à partir desquelles le système doit générer les listes d'activités pour les apprenants. Il sera ainsi nécessaire de permettre la définition de contraintes globales sur la sélection des activités telles que : "Pour la séquence 2, je souhaite que les ressources proposées aux apprenants soient uniquement tirées du dossier sequence2"

Cependant, il faut noter que les adaptations énumérées ci-dessus ne sont pas des modifications majeures du modèle PERSUA2. Ainsi, le modèle final et ses processus d'exploitation ne sont pas fondamentalement différents de PERSUA2, et certains de ses éléments ont été repris tels quels, comme par exemple le méta-modèle AKEPI (décrivant le modèle OKEP d'une plateforme de MOOC).

2.4 Le modèle PERSUA2_{MOOC}

Dans cette section, nous reprenons la même formalisation que celle utilisée pour PERSUA2 [32] afin de définir notre modèle PERSUA2_{MOOC} dans la figure 2.2 Nous

- (i) $Pa = (SP, CU)$
- (ii) $SP = \{(RA_i, DP_i)\}$
- (iii) $RA = \{\text{Exp}(CP_1, CP_2, \dots, CCLive_1, \dots), (CA_1, \dots), (CA_1, \dots)\}$
- (iv) $CU = (\text{Profil}, CLive, CSequence)$
- (v) $CP = \{(CT_i)\}$

FIGURE 2.2 – Définition formelle du modèle $PERSUA2_{MOOC}$

nous plaçons dans le cadre d'une séquence de MOOC au sein de laquelle un agent a souhaite mettre en place la personnalisation pour les apprenants.

(i) Pa est le modèle de personnalisation voulu par l'agent a . Dans le cas des MOOCs, cet agent est l'ensemble de l'équipe pédagogique du MOOC pour lequel la personnalisation est souhaitée (enseignants, concepteurs techniciens,...). Nous considérons en effet que tous les membres de cette équipe peuvent apporter des éléments pertinents dans la démarche de personnalisation, et que les enseignants ne sont pas nécessairement les seuls à la définir (notamment en ce qui concerne des éléments techniques, liés à l'utilisation d'une plateforme de MOOC, dont l'enseignant n'a pas forcément une connaissance avancée).

(ii) SP est la stratégie pédagogique définie dans ce modèle de personnalisation, elle est constituée d'un ensemble de règles d'affectation RA , chacune ayant un degré de priorité. Si plusieurs règles peuvent s'appliquer à un même apprenant, alors on considérera en premier lieu celles qui ont le plus haut degré de priorité. Cela peut avoir son importance lorsqu'il devient nécessaire de supprimer des activités pour respecter les contraintes générales de la séquence, et par exemple éviter que l'apprenant n'ait trop d'activités à réaliser (voir le $CSequence$).

(iii) Ces règles d'affectation sont sous la forme 'SI ... ALORS ... SINON ...', la partie 'SI' contient des contraintes sur les indicateurs du profil d'apprenant ainsi que sur les valeurs qui peuvent être trouvées dans le contexte 'live'. Les parties 'ALORS' et 'SINON' caractérisent des activités que l'apprenant devra réaliser selon que la condition est vérifiée ou non. Le 'SINON' est optionnel. Les activités disponibles pouvant être proposées aux apprenants sur la plateforme sont modélisées à travers un modèle de connaissances de la plateforme de MOOC (modèle OKEP), qui permet de contraindre les activités en fonction de différents paramètres (voir ci-dessous pour plus de détails, et le méta-modèle AKEPI permettant d'obtenir ce modèle OKEP est décrit dans [32]).

(iv) CU est le contexte d'utilisation de la stratégie pédagogique, qui contient le profil d'apprenant, un contexte 'live' et un contexte de séquence. Le profil contient des indicateurs qui permettent de décrire qui est l'apprenant ainsi que la manière dont il a interagi avec le MOOC depuis le début de celui-ci. Le contexte 'live' contient quant à lui des informations qui vont permettre de caractériser la situation à un instant donnée, lorsque l'apprenant se connecte à la plateforme : l'heure précise, l'appareil avec lequel l'apprenant se connecte, la bande passante dont il dispose,...ainsi que des informations sur l'environnement du MOOC en général, comme par exemple

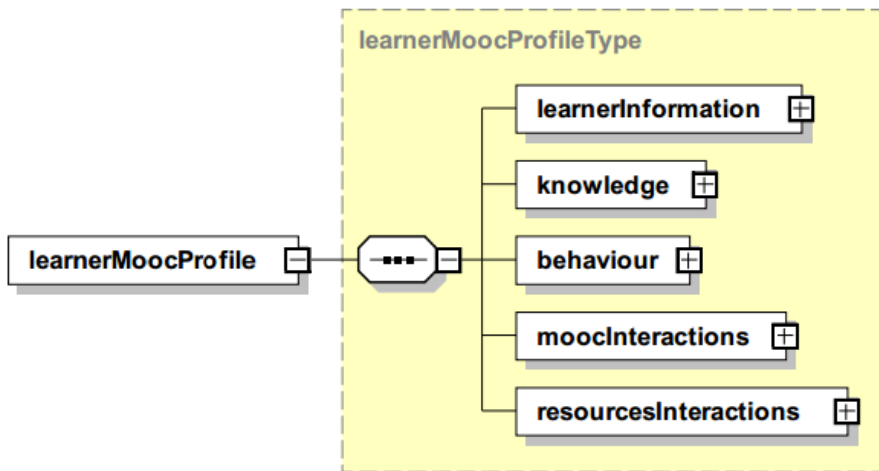


FIGURE 2.3 – Structure du profil d'apprenant dans un MOOC

le nombre d'apprenants connectés. Le contexte de séquence permet à l'équipe pédagogique de donner des contraintes globales sur ce qui sera en sortie proposé à l'apprenant : nombres minimum et maximum d'activités à réaliser, temps minimum et maximum estimés que les activités doivent représenter... Il donne également la possibilité à l'équipe pédagogique d'indiquer, pour la séquence du MOOC concernée, la liste des ressources parmi lesquelles les activités proposées à l'apprenant doivent être sélectionnées (par exemple pour la séquence 3 du MOOC, l'équipe pédagogique pourra exprimer au système des contraintes telles que 'toutes les ressources proposées aux apprenants doivent être issues du dossier *sequence3*')

(v) Enfin, CP est un ensemble de contraintes de présentation, et concerne l'ordonnement des activités grâce à des critères de tri CT (nous verrons par la suite précisément en quoi consistent ces critères qui permettent de trier les activités).

Avant d'étudier le processus d'exploitation de ce modèle, nous exposons ici quelques explications concernant les éléments qui le constituent et leur structure.

2.4.1 Structure du profil d'apprenant

Le profil d'apprenant comporte cinq sections, qui vont de la plus générale à propos de l'apprenant, à la plus précise concernant ses interactions avec les ressources qui lui sont proposées au sein du MOOC. La figure 2.3 propose les cinq sections et l'ordre dans lequel elles apparaissent.

La section 'learnerInformation'

Cette première section contient des informations générales sur l'apprenant, qui ne sont pas extraites des traces, mais issues de questions qui peuvent être posées directement à l'apprenant (au moment de son inscription sur la plateforme ou lors de sa première connexion au MOOC). On y retrouve par exemple la date de naissance de l'apprenant, son sexe, sa situation professionnelle, son pays...²

La section 'knowledge'

Comme son nom l'indique, cette section va contenir des informations sur les connaissances et compétences de l'apprenant. Elle est subdivisée en deux sous-sections, la première concernant ses connaissances sur le sujet du MOOC (les indicateurs seront remplis en grande partie grâce aux traces de ses réponses aux quiz tout au long du MOOC, mais aussi grâce à d'autres informations comme les données issues de la correction par les pairs). La deuxième a pour objet les outils qui sont utilisés dans le cadre du MOOC, comme par exemple, dans le cas de la programmation, la maîtrise d'un environnement de développement, ou dans d'autres matières la maîtrise d'outils comme une calculatrice. Dans la version générale du modèle de profil d'apprenant, tous ces indicateurs admettent des valeurs comprises entre 0 et 100 (100 signifiant que l'apprenant maîtrise totalement la connaissance ou compétence concernée; notons au passage que, comme tout ce qui est contenu dans le profil d'apprenant, ces bornes peuvent être modifiées si l'équipe pédagogique du MOOC le souhaite).

La section 'behaviour'

Dans cette section, ce sont les traces qui vont être exploitées de manière intensive pour obtenir des informations avancées sur l'apprenant, des jugements qualitatifs sur la manière dont il apprend. Dans la version générale du modèle de profil, elle contient quelques indicateurs, calculables à partir des traces, et qui permettent de comprendre l'esprit et le type d'informations qui vont y être retrouvées. Un exemple d'indicateur que l'on y retrouve est 'studentPattern' [40], permettant de segmenter les apprenants selon plusieurs catégories :

- les 'no-shows', qui ne se connectent jamais au MOOC après s'y être inscrits,
- les 'active completing', qui réussissent le MOOC tout en y participant activement, sur le forum par exemple,
- les 'passive completing' qui arrivent également à terminer le MOOC, mais sans trop participer au forum ni aux projets avancés,
- les 'auditing', qui suivent le cours durant sa majeure partie, mais ne répondent pas ou peu aux questionnaires et examens qui leur sont proposés,
- les 'disengaging' qui sont dans les catégories 'completing' au début du MOOC, mais vont progressivement moins fréquenter le MOOC,

2. la liste complète des indicateurs qui sont pour l'instant présents au sein de cette section peuvent être trouvés dans l'application elle-même, à l'adresse <http://elearning-dev.univ-lyon1.fr/persua2mooc/>

- les 'sampling' qui vont simplement consulter quelques ressources du MOOC, mais sans aller vraiment plus loin.

Pour déterminer à quelle catégorie appartient un apprenant, les traces sont exploitées afin de savoir quelle quantité de ressources il consulte à chaque séquence, s'il se rend sur le forum ou non,... Pour les autres indicateurs, il est possible de se reporter à l'application et cliquer sur les bulles d'information pour lire la documentation concernant chacun d'entre eux. Cette section pourra être très différente d'une plateforme de MOOC à l'autre, puisqu'elle dépend beaucoup des traces qui sont collectées, et surtout des traitements réalisés.

La section 'moocInteractions'

Cette section concerne les indicateurs se rapportant aux interactions de l'apprenant avec la plateforme de MOOC, comme la dynamique de son activité. Cette section peut se rapprocher de la précédente, mais se différencie par un aspect essentiel : les indicateurs qu'elle contient sont avant tout quantitatifs (alors que, comme nous l'avons vu, la section 'behaviour' contient des indicateurs permettant de réaliser des jugements qualitatifs sur l'apprenant). Au sein de cette section on trouvera par exemple des indicateurs permettant de savoir, pour chaque jour de la semaine, combien de temps l'apprenant a passé sur la plateforme (cela permettra par exemple de savoir s'il apprend plutôt le week-end, le mardi...). Les mêmes indicateurs sont présents concernant son activité durant une même journée (est-il connecté de 14h à 18h, de 18h à 22h ?,...). Cette section, tout comme la suivant, peut servir de base afin de calculer les indicateurs de la section 'behaviour'.

La section 'resourcesInteractions'

Cette dernière section concerne les interactions de l'apprenant avec les ressources directement : pour chacune des ressources sur lesquelles l'équipe pédagogique désire avoir des informations, des indicateurs contiendront le nombre de fois où un apprenant l'a consultée, le temps qu'il a passé à consulter cette ressource, et le taux de complétion (pour une vidéo par exemple, savoir si l'apprenant l'a entièrement visionnée, ou s'est arrêté à x%). On pourra trouver d'autres indicateurs sur les interactions de l'apprenant avec les ressources, comme par exemple le nombre de fois qu'un apprenant clique sur le bouton 'pause' lorsqu'il visualise une vidéo.

Enfin, certains indicateurs permettront d'étudier les interactions de l'apprenant dans un contexte donné. L'exemple qui est donné dans notre modèle général concerne les devoirs de l'apprenant : des indicateurs permettront de savoir combien il a passé de temps sur le forum, ou sur les ressources du cours, lorsqu'il était en train de répondre à des questions qui lui sont posées dans le MOOC.

2.4.2 Remarque sur la structure des ressources du MOOC

Afin de permettre la personnalisation, il est nécessaire pour plusieurs raisons de disposer d'une liste de toutes les ressources disponibles au sein d'un MOOC. De

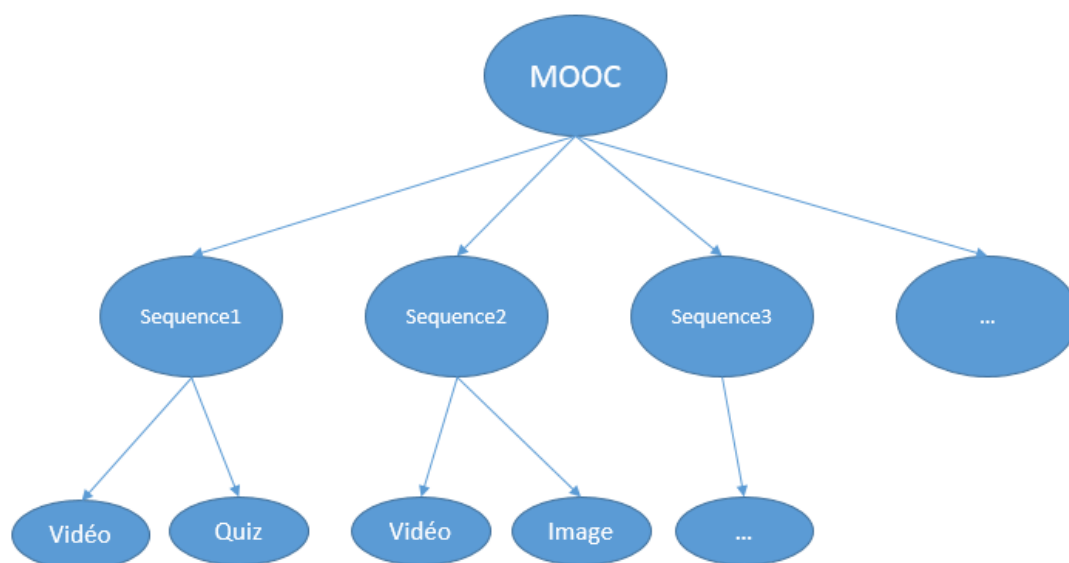


FIGURE 2.4 – Exemple de structure pour les ressources d'un MOOC

plus, afin de faciliter le travail de l'équipe pédagogique, il peut s'avérer très utile de conférer une certaine structure aux ressources qui sont listées, ainsi que d'attacher à chacune de ces ressources une liste de propriétés. C'est pourquoi, dans notre modèle, les ressources sont structurées sous la forme d'un arbre, dont tous les éléments sont appelés 'ressource'. Une 'ressource' au sens de notre modélisation peut ainsi être une ressource concrète (comme une vidéo, un texte, une image,...), mais aussi un groupe de ressources. Ainsi, une séquence de MOOC, comme par exemple 'sequence1', peut elle aussi être appelée 'ressource'. En effet, si l'on définit un arbre dont les noeuds sont les séquences du MOOC et les feuilles les ressources concrètes, alors chaque séquence sera une ressource, comme l'illustre la figure 2.4. Le MOOC lui-même, en tant que racine de cet arbre, est désigné comme étant une ressource.

Enfin, à chaque ressource de cet arbre peuvent être attribuées des propriétés : la durée théorique nécessaire pour pouvoir l'étudier, sa difficulté,... La liste de ces propriétés qui peuvent être données aux ressources correspond aux paramètres utilisés pour caractériser l'activité 'Apprentissage' sur la plateforme (voir section 2.4.5 pour la caractérisation des activités disponibles sur une plateforme de MOOC).

2.4.3 Structure du contexte 'live'

Le contexte 'live', présenté en figure 2.5 apporte des informations supplémentaires sur l'apprenant et sur le MOOC au moment où il se connecte à la plateforme, et qui ne sont pas contenues dans son profil. Le profil d'apprenant contient en effet des informations relativement durables et stables, permettant de caractériser l'apprenant à moyen et long terme. Le contexte d'utilisation contient quant à lui des informations qui concernent le court terme, et qui sont calculées à la volée à chaque fois que l'apprenant se connecte. Par rapport au profil d'apprenant, ce modèle est relativement léger, et les informations qu'il contient sont globalement toutes celles

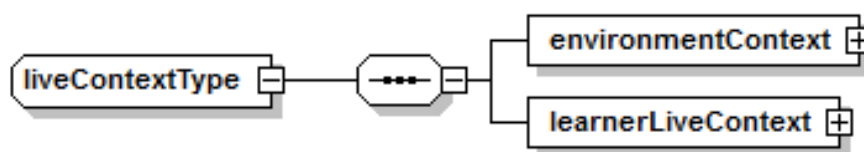


FIGURE 2.5 – Structure du contexte 'live' dans un MOOC

que peut obtenir le serveur sur l'apprenant et le MOOC. Il est divisé en deux parties :

- La partie 'environmentContext' qui contient les informations générales sur l'environnement du MOOC. Dans le modèle général, seules deux informations sont contenues : la date et l'heure, ainsi que des chiffres sur le type et le nombre de personnes qui sont connectées à un instant donné : le nombre d'apprenants, le nombre d'enseignants, d'administrateurs,... Cette section peut être enrichie en fonction des plateformes et de leurs fonctionnalités. Par exemple, si une plateforme comporte un outil de chat, un indicateur pourra contenir le nombre de connectés.
- La partie 'learnerLiveContext' contient les informations disponibles sur l'apprenant lorsqu'il se connecte, on y retrouve le type d'appareil qu'il utilise (ordinateur, tablette, smartphone), son système d'exploitation, le navigateur, son adresse IP... D'autres indicateurs plus avancés peuvent être ajoutés s'ils sont disponibles, comme la bande passante dont il dispose (cela peut avoir son importance si des vidéos sont à visionner), le temps disponible pour l'apprenant (on pourrait lui demander au moment où il se connecte le temps qu'il a devant lui pour cette session, afin de générer des activités qui répondront à cette contrainte),...

2.4.4 Structure du contexte de séquence

Ce contexte est d'une toute autre nature que le contexte 'live' vu précédemment, puisqu'il ne va pas être calculé de manière automatique, mais défini par l'équipe pédagogique du MOOC pour chaque séquence. Il s'agit de contraintes globales sur les activités qui vont être générées pour chaque apprenant.

La structure du contexte de séquence est visible sur la figure 2.6. L'élément 'activitiesContext' permet de contraindre les ressources qui vont pouvoir être utilisées par le système pour générer les activités de la séquence. Par *contexte* nous entendons un terme qui permet de désigner un ensemble de ressources comme par exemple 'Séquence 2' (qui permet de considérer toutes les ressources qui sont destinées à la séquence 2, et uniquement celles-ci). Dans la partie 'numberOfActivities' peuvent être définis les nombres minimum et maximum d'activités qui doivent être proposées à l'apprenant lors de la génération d'une liste d'activités. La partie 'activitiesDuration' suit le même principe, concernant cette fois la durée totale théorique que nécessite la réalisation des activités proposées à l'apprenant. Enfin l'information 'quizVariation' est un booléen qui peut être utilisé, si la plateforme de MOOC le

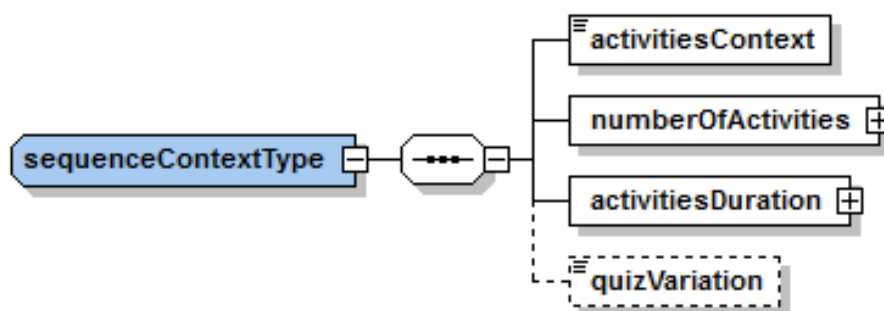


FIGURE 2.6 – Structure du contexte de séquence dans un MOOC

permet, pour indiquer que chaque quiz généré pour un apprenant doit être différent à chacun de ses essais (en puisant par exemple dans une banque de questions).

2.4.5 Modèle de description de la plateforme - OKEP

Avant d'étudier plus en détail la notion de stratégie pédagogique, il nous faut revenir sur un point essentiel de notre modélisation, à savoir la caractérisation des fonctionnalités disponibles sur une plateforme de MOOC, et la manière dont on peut les paramétrer. Pour cela, on utilise une description de la plateforme grâce au modèle 'OKEP', élaboré à partir du méta-modèle AKEPI (pour une présentation complète de ces concepts dans le cadre des EIAH, voir [32]). Nous n'avons ici exploité qu'une partie des possibilités de ce modèle, qui suffisent à notre modélisation : la caractérisation des activités disponibles (dans un premier temps nous ne souhaitons pas paramétrer directement les plateformes de MOOCs, mais simplement offrir aux apprenants une boussole, une liste d'activités).

Après l'étude complète de plusieurs plateformes de MOOCs, nous avons déduit les 4 activités qui sont présentes sur chacune d'entre elles, et les paramètres que nous pouvons utiliser en relation avec elles : (nous n'indiquons les paramètres que pour la première d'entre elles, pour les autres toutes les informations peuvent être trouvées au sein de l'application³)

- Activité 'Apprentissage' : cette activité concerne la consultation d'une ressource par un apprenant. Afin de choisir quelle ressource doit être consultée, plusieurs paramètres peuvent être utilisés par l'équipe pédagogique (tous sont optionnels, l'équipe pédagogique peut donc utiliser les paramètres qu'elle souhaite) :
 - Nom : ce paramètre est le plus simple et le plus direct, on désigne la ressource directement par son nom (éventuellement son URI).
 - Statut : une ressource peut avoir trois statuts différents : Obligatoire, Facultatif (ceux qui ont des connaissances déjà avancées du sujet n'auront pas besoin de la consulter), Bonus (pour les apprenants en avance sur le MOOC,

3. <http://elearning-dev.univ-lyon1.fr/persua2moooc/>

on leur propose des activités plus compliquées, amusantes,...plutôt que de les laisser avec une boussole vide).

- Séquence : permet de désigner directement la séquence à laquelle la ressource est associée.
- Catégorie : à chaque ressource peuvent être attachées des catégories (des 'tags'), comme 'débutant', 'c++', etc. (tout ce que l'équipe pédagogique souhaite ajouter).
- Durée : le temps estimé, en minutes, que doit durer l'activité.
- Difficulté : ce paramètre peut aller de 0 (très facile) à 5 (très difficile).
- Type : tout simplement le type de la ressource (vidéo, image, texte...).

Si elle utilise un de ces paramètres lors de la définition de la stratégie pédagogique (voir section 2.4.6), l'équipe pédagogique devra bien sûr avoir au préalable renseigné leurs valeurs pour chacune des ressources utilisées dans le cours (ou du moins pour celles qu'elle souhaite pouvoir désigner avec ces paramètres).

- Activité 'Social' : l'apprenant est invité à se rendre sur les réseaux sociaux, ou sur le forum du MOOC.
- Activité 'Exercice' : cette activité est la réalisation d'un exercice par l'apprenant
- Activité 'Message' : il ne s'agit pas d'une activité à proprement parler, mais se manifestera tout de même dans la boussole : il s'agit du simple affichage d'un message à destination de l'apprenant. L'équipe pédagogique peut ainsi saluer, encourager,... les apprenants de manière personnalisée.

2.4.6 La stratégie pédagogique

C'est avec la stratégie pédagogique que l'équipe pédagogique va pouvoir exprimer, sous forme de règles, la manière dont elle souhaite personnaliser son MOOC à chacun des apprenants, en fonction des valeurs prises par les indicateurs dans son profil. Afin de bien comprendre la manière dont sont définies les règles, prenons l'exemple d'un cours de programmation en Python, qui contient deux ressources : une vidéo 'boucle for' et un quiz 'Quiz1' qui permet de tester les connaissances sur la boucle for. Supposons que l'équipe pédagogique, afin de tester le niveau des apprenants, leur mette directement, dès la première séquence, le Quiz1 (sans leur montrer la vidéo). Le résultat à ce quiz remplit directement un indicateur dans la partie 'knowledge' du profil d'apprenant, l'indicateur 'RésultatBoucleFor'. Voici la règle que peut alors définir l'équipe pédagogique :

SI RésultatBoucleFor < 60 ALORS regarder vidéo 'bouclefor'

La partie SINON étant optionnelle, nous ne l'avons pas fait figurer ici, mais on pourrait avoir :

SINON aller sur le FORUM avec Action = Answer,

On invite ainsi l'apprenant à aller sur le forum, et répondre aux questions que se posent ceux qui n'ont éventuellement pas compris certaines parties du cours (bien évidemment, dans la boussole le tout sera sous forme textuelle et bien plus explicite). On pourrait aussi lui proposer de faire un exercice en relation avec la boucle for

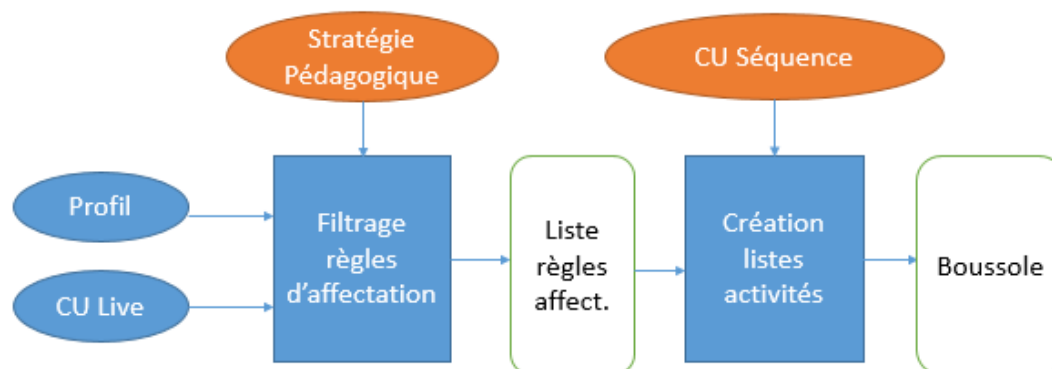


FIGURE 2.7 – PERSUA2_{MOOC} : processus d'exploitation

qui soit d'un niveau plus avancé, plus ludique (calcul des termes de la suite de Fibonacci,...)

Voici donc comment se décomposent les règles de la stratégie pédagogique :

SI {Contraintes sur profil} ALORS {Activités avec paramètres} [SINON {Activités avec paramètres}].

Les conditions contenues dans la partie 'SI' de la règle peuvent être complexes, et contenir autant d'opérateurs booléens 'ET' et 'OU' que l'équipe pédagogique le souhaite. A chacune des règles, l'équipe pédagogique peut attacher une valeur de priorité, nombre entier qui indique l'importance de cette règle. Ainsi, si plusieurs règles s'appliquent pour un apprenant, seules celles qui ont le plus haut degré de priorité seront prises en compte (et ce pour respecter les contraintes fixées dans le contexte de séquence).

A partir de cette construction simple, l'équipe pédagogique a un champ de possibilités très large pour permettre aux apprenants d'avoir une boussole personnalisée, avec les activités qui leur conviennent au mieux.

2.5 Processus d'exploitation

Nous avons présenté dans la section 1.3.2 le processus d'exploitation du modèle PERSUA2. Nous avons également adapté ce processus pour PERSUA2_{MOOC}, et la figure 2.7 expose son nouveau fonctionnement (qui reste très proche du processus original).

En entrée du processus se trouvent quatre éléments. Deux d'entre eux vont permettre de caractériser l'apprenant, et sont calculés de manière automatique : le profil, et le contexte 'live'. Les deux autres éléments, la stratégie pédagogique et le contexte de séquence, sont définis par l'équipe pédagogique. Pour rappel, la stratégie contient un ensemble de règles sous la forme 'SI...ALORS...SINON...', tandis que le contexte de séquence peut être considéré comme un ensemble de contraintes globales sur les activités qui seront générées pour l'apprenant.

A chaque nouvelle séquence du MOOC (dans la plupart des MOOCs, 1 séquence = 1 semaine), l'équipe définira si elle le souhaite une nouvelle stratégie pédagogique, et un nouveau contexte de séquence. Cependant, une grande liberté est laissée à ce niveau : il est par exemple tout à fait possible de conserver la même stratégie pédagogique tout au long du MOOC, et ne faire varier que le contexte de séquence.

Pour chaque apprenant, caractérisé par son profil et un contexte 'live', se déroule un premier processus, qui permet de déterminer, dans la stratégie pédagogique, quelles sont les règles qui s'appliquent bien à lui. L'algorithme utilisé prend donc en entrée une règle pédagogique, le profil d'un apprenant ainsi que le contexte 'live', et évalue la partie 'SI' de la règle (en analysant les contraintes qui la constituent et les valeurs contenues dans le profil et le contexte 'live'). Un booléen est alors obtenu, permettant de savoir si la condition est vérifiée pour l'apprenant, et donc de déterminer si la partie 'ALORS' ou 'SINON' de la règle doit être appliquée pour l'apprenant. La sortie de ce processus est donc un ensemble de règles pédagogiques, dont on sait pour chacune quelle partie doit être appliquée pour la génération des activités à un apprenant en particulier. Enfin, à partir de ces règles, des listes d'activités sont générées pour chaque apprenant. Nous appelons ici cette liste d'activité une 'boussole', en référence à la manière dont les activités sont proposées dans le MOOC FOVEA, sur la plateforme Claroline Connect. Comme nous l'avons déjà évoqué précédemment, il s'agit uniquement de recommandations qui sont données à l'apprenant (aucun paramétrage de la plateforme n'est réalisé, et l'apprenant reste *in fine* libre de choisir les activités qu'il souhaite réaliser). Cependant, notre modèle reste évolutif, et si un jour une plateforme de MOOC le permet, il sera tout à fait possible de transformer ces recommandations en contraintes : il 'suffira' pour la personnalisation de savoir comment paramétrer concrètement et automatiquement la plateforme qui offre de telles possibilités. Le méta-modèle AKEPI décrit déjà les informations et leur structure qu'il faudra alors donner pour compléter le modèle OKEP de la plateforme.

2.6 Comparaison avec le modèle PERSUA2

Voici quelques éléments de comparaison qui indiquent la manière dont PERSUA2 a été adapté afin d'aboutir à ce nouveau modèle PERSUA2_{MOOC} et son processus d'exploitation associé.

2.6.1 Modèles

- Le profil d'apprenant est toujours modélisé grâce au langage PMDL, qui fournit toutes les structures nécessaires à son élaboration, même dans le cadre des MOOCs. Toutes les possibilités offertes par PMDL ne sont pas exploitées au sein du modèle de profil que nous avons réalisé, mais leur utilisation au sein du modèle PERSUA2_{MOOC} est bien entendu toujours possible.
- Le contexte de séquence peut être comparé aux contraintes de création de PERSUA2, à ceci près qu'il contient maintenant une information supplémentaire, permettant à l'équipe pédagogique d'indiquer les ressources que le système est

autorisé à utiliser pour permettre la personnalisation lors d'une séquence de MOOC

- Seule une partie du méta-modèle AKEPI, qui permet d'obtenir le modèle OKEP de la plateforme (modèle de connaissances de la plateforme de MOOC permettant de décrire les activités qu'il propose), a été exploitée : celle qui concerne les propriétés pédagogiques. Toutes les informations relatives à la configuration directe de la plateforme sont inutiles pour l'instant, puisque nous procurons uniquement des recommandations à l'apprenant.

2.6.2 Stratégie pédagogique

- Le concept de stratégie pédagogique reste le même, et elle est toujours constituée de règles d'affectation ayant des priorités.
- En plus du profil d'apprenant, les conditions contenues dans les règles d'affectation peuvent également se baser sur des informations contenues dans le contexte 'live', sorte de *profil instantané* de l'apprenant et de la situation du MOOC dans laquelle il évolue.

2.6.3 Processus d'exploitation.

- L'agent qui réalise la personnalisation est désormais un ensemble de personnes, que nous nommons *équipe pédagogique* du MOOC.
- Les principes des deux processus de filtrage des règles restent les mêmes. Cependant, ils prennent plus d'éléments en entrée (utilisation d'un contexte 'live') et doivent prendre en compte plus de contraintes (ajout de l'information 'activitiesContext' dans le contexte de séquence).
- La sortie du processus est désormais une simple liste d'activités sous forme de recommandations pour l'apprenant, et ne configure pas directement la plateforme.

2.7 Processus de mise en place

La mise en place du modèle de personnalisation requiert un gros effort de réflexion de la part de toute l'équipe de conception d'un MOOC, afin d'identifier quelles informations judicieuses permettront une personnalisation efficace. Bien entendu, tout cela doit se faire en collaboration avec les concepteurs de la plateforme, qui seront les plus à même de savoir quelles informations peuvent ou non être extraites des traces générées par les apprenants durant leurs activités. La présente partie détaille le processus de mise en place de la personnalisation, indiquant notamment la manière dont les tâches peuvent être partagées entre les différents acteurs.

2.7.1 Acteurs de la personnalisation

Pour mettre en place ce processus de personnalisation au sein d'une plateforme, puis d'un MOOC en particulier, voici les différents acteurs qui vont être en jeu :

- Les **administrateurs de la plateforme** (qui peuvent aussi être les concepteurs de la plateforme, mais pas toujours : voir l'exemple de FUN, qui exploite directement le code de OpenEdX). Ils ont tous les droits sur la plateforme et peuvent en modifier tout ce qui est nécessaire.
- L'**équipe pédagogique du MOOC**, qui comporte les enseignants du cours, mais également ses concepteurs, techniciens, réalisateurs,...
- Un **apprenant**

Nous considérerons un quatrième acteur, qui n'intervient en amont de ce processus : le **concepteur du module de personnalisation** (le rôle que nous tenons au cours de ce projet, puisque nous réalisons le modèle permettant la personnalisation, puis implémenterons ce modèle sous la forme d'un plugin pour plateforme de MOOC).

Nous supposons dans cette section que les administrateurs d'une plateforme souhaitent adjoindre à leur système la possibilité de personnaliser, et que l'équipe pédagogique d'un MOOC sur cette plateforme a pour ambition de personnaliser son MOOC. Supposons également que les apprenants qui s'inscrivent au MOOC acceptent que toutes les données nécessaires soient collectées et traitées.

2.7.2 A propos des modèles

Avant de détailler les étapes de ce processus, une explication doit être faite sur les modèles qui sont utilisés dans PERSUA2_{MOOC} : modèle de profil d'apprenant, modèle de contexte de séquence et modèle de contexte 'live'. Évoquons par exemple le profil d'apprenant. Dans la section 2.4 nous avons présenté le modèle de profil d'apprenant, formalisé en XML Schéma. Cependant, ce modèle n'a pas vocation à être définitif et utilisé nécessairement tel quel au sein d'un MOOC. Il présente plutôt la structure générale du profil, des explications sur les indicateurs que doit contenir chacune des cinq catégories présentées, et des exemples d'indicateurs identifiés dans la littérature qui pourront être directement utilisés dans les MOOCs. Cependant, chaque plateforme de MOOC ayant ses spécificités (différentes fonctionnalités, traces plus ou moins riches,...), les administrateurs pourront modifier les indicateurs contenus dans ce modèle pour qu'il corresponde mieux à leur système. De la même manière, chaque MOOC étant unique à travers ses contenus et objectifs, le modèle de profil d'apprenant pourra être modifié par l'équipe pédagogique (qui pourra par exemple choisir d'utiliser les indicateurs de type 'nombre de consultations' sur certaines ressources, mais pas sur d'autres ; ou encore adapter le contenu de la section 'knowledge' à leur MOOC à partir des compétences qui lui sont propres).

Il en va exactement de même pour les contextes de séquence et 'live', ainsi que pour le modèle OKEP d'une plateforme de MOOC (qui dépendra des fonctionnalités qui y sont proposées, et de la manière dont elles peuvent être paramétrées).

2.7.3 Les étapes de la mise en place de la personnalisation

Composition initiale du module de personnalisation.

Avant que le processus de mise en place ne débute, le module de personnalisation contient certains éléments, que nous avons déjà décrits ci-dessus : modèles de profil d'apprenant, de contextes 'live' et de séquence, et modèle de connaissances (OKEP) général pour une plateforme de MOOC. Il contient également des outils permettant à l'équipe pédagogique de définir ses stratégies et contextes de séquence. Enfin, il contient un module qui permet de générer les recommandations pour un apprenant à partir d'une stratégie pédagogique et du contexte d'utilisation (profil et contextes 'live' et de séquence).

Intégration à la plateforme de MOOC.

La première étape concerne les administrateurs de la plateforme de MOOC, qui décident d'implanter le module de personnalisation. Ils vont ainsi, comme nous l'avons vu dans la section 2.7.2, compléter et instancier les différents modèles présents dans le module initial à la réalité de leur plateforme. Leur rôle sera ensuite de mettre en place un système permettant de calculer toutes les informations nécessaires au processus de personnalisation : indicateurs du profil d'apprenant (obtenus notamment à partir des traces d'interaction) et informations contenues dans le contexte 'live'. Ces informations devront être fournies au module de personnalisation pour qu'il puisse ensuite les exploiter. Enfin, il faudra mettre en place une autre interface permettant au module de personnalisation d'afficher les boussoles générées à chacun des apprenants directement sur la plateforme de MOOC.

Intégration à un MOOC.

Avant que le MOOC ne débute, l'équipe pédagogique devra réaliser le même travail que les administrateurs de la plateforme, à savoir adapter les différents modèles utilisés, surtout le profil d'apprenant, afin qu'ils correspondent bien à leur MOOC et la façon dont ils veulent organiser leur personnalisation. Ce travail devra être réalisé avec les administrateurs de la plateforme, qui auront les connaissances techniques pour modifier les modèles et permettre le calcul des indicateurs. Une autre tâche de l'équipe pédagogique sera également de procurer au module de personnalisation une liste des ressources qui seront utilisées au cours du MOOC, et éventuellement de la structurer (notons que cet ajout de ressources peut également être fait au fur et à mesure du MOOC).

Mise en place de la personnalisation pour un MOOC.

Une fois le MOOC commencé, l'équipe pédagogique aura pour tâche de définir une ou plusieurs stratégies pédagogiques ainsi que des contextes de séquence. Puis, pour chaque séquence, elle devra indiquer quelle est la stratégie pédagogique à employer, ainsi que le contexte de séquence pertinent : ce sont ces deux éléments qui

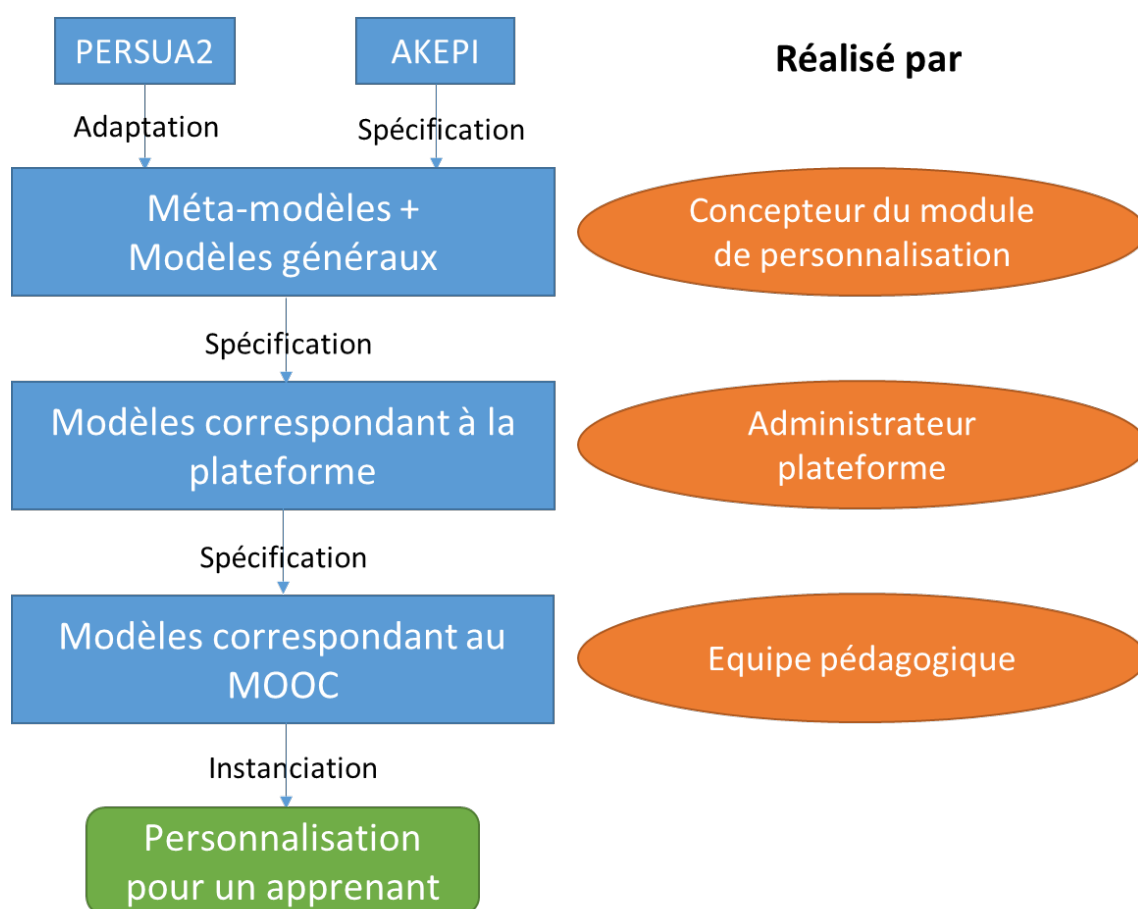


FIGURE 2.8 – Évolution des modèles durant la mise en place de la personnalisation

seront utilisés lors de la séquence concernée pour générer les boussoles propres à chaque apprenant.

Personnalisation à un apprenant.

Lorsqu'un nouvel apprenant s'inscrit au MOOC, une nouvelle instance de profil sera créée, destinée à stocker les indicateurs le concernant. De même, un nouveau contexte 'live' sera instancié chaque fois qu'il sera nécessaire de générer une nouvelle boussole pour l'apprenant. Ensuite, au cours des différentes séquences du MOOC, le processus correspondra à celui que nous avons déjà vu avec la figure 1.1.

Le schéma de la figure 2.8 résume ce qui vient d'être au sein de cette section, en incluant le fait que le concepteur du module de personnalisation (le rôle que nous avons ici) établit le modèle de personnalisation à partir d'éléments déjà existant que nous avons décrits précédemment.

Partie 3

Implémentation et évaluation

Afin de mettre en application le modèle PERSUA2_{MOOC} et permettre son évaluation, une implémentation a été réalisée au cours du projet. Nous présentons dans cette partie les éléments principaux qui la constituent, ainsi que les évaluations associées à son utilisation.

3.1 Technologies employées

Dans la mesure où le modèle réalisé concerne les MOOCs, l'implémentation s'est faite avec des technologies web. Ainsi, le langage PHP est utilisé côté serveur afin de réaliser différents traitements sur les données concernant les apprenants, et notamment la génération des boussoles. En revanche, dans la mesure où la définition d'une stratégie pédagogique nécessitera de nombreuses interactions de la part des membres de l'équipe pédagogique avec les interfaces proposées, le langage JavaScript a été privilégié à de très nombreux endroits afin de permettre une expérience fluide et performante aux utilisateurs. Dans le but de faciliter et accélérer le développement, le framework jQuery a été utilisé (particulièrement utile en ce qui concerne la manipulation des fichiers XML). Une bibliothèque JavaScript a également été utilisée au cours de l'implémentation : D3.js (Data-Driven Documents). Cette bibliothèque permet notamment de créer des graphiques et diagrammes de manière simple. La mise en forme des interfaces réalisées a parfois fait appel au framework Bootstrap afin de simplifier certains développements, mais la majeure partie est constituée de codes spécifiques au projet, afin de proposer des interfaces répondant spécifiquement aux besoins d'interaction entre l'utilisateur et les données (notamment lors de la définition de la stratégie pédagogique).

Les données sont quant à elles stockées grâce au langage XML. Nous avons choisi d'utiliser XML dans la mesure où ce langage permet de décrire les différents modèles (profil d'apprenant, contexte d'utilisation,...) de manière très aisée via XML Schéma, et la manipulation de ces formats de données reste simple et intuitive. Une interface générique permettant la modification des valeurs terminales de fichiers XML a ainsi facilement pu être développée (nous y reviendrons dans la section 3.4).

L'application développée est disponible en anglais et en français, la traduc-

tion étant réalisée en JavaScript grâce aux outils proposés sur le site <http://www.localeplanet.com/>. Comme de nombreux outils de traduction, localeplanet utilise un système de dictionnaire clé-valeur qui permet d'indiquer, pour chaque chaîne dont on souhaite la traduction, son équivalent dans la langue souhaitée¹.

Afin de gérer les fichiers au sein de cette application et leurs évolutions respectives au cours du processus de développement, le logiciel de gestion de versions git a été utilisé. Notamment, la possibilité d'utiliser plusieurs branches de développement a été exploitée, une branche spécifique ayant été utilisée pour le développement de nouvelles fonctionnalités (nommée *dev*), tandis que la branche principale (*master*) ne proposait toujours que des interfaces dont l'utilisation avait été testée. Le code de l'application était régulièrement envoyé sur le site github.com, qui propose quelques outils graphiques permettant de suivre l'évolution du projet (nombre de lignes de codes ajoutées semaine par semaine,...). Sur ce site est notamment donnée à tous la possibilité de faire une copie de notre application.

3.2 Statut de l'application réalisée

A partir de ces technologies, nous avons donc réalisé un noyau applicatif qui pourra ensuite être intégré à différentes plateformes de MOOC. Il s'agit de plus d'une application opensource, et accessible à tous via github comme nous venons de le préciser. Bien sûr, le processus d'intégration sera différent en fonction de la plateforme de MOOC, et de son architecture. Des interfaces sont en effet à prévoir afin de permettre le calcul et l'envoi de données concernant les apprenants au module de personnalisation, ainsi que pour l'affichage des boussoles d'activités aux apprenants.

Ce travail est en cours de réalisation avec la plateforme Claroline Connect. Pour cette plateforme, le module doit être mis sous forme de plugin, et plus précisément, il s'agira d'un bundle Symfony (forme obligatoire pour tout plugin dans cette plateforme), et il sera² donc organisé selon une architecture MVC (Modèle - Vue - Contrôleur).

Afin de faciliter ce travail d'intégration et permettre son intégration à toutes les plateformes, l'application ne propose que des interfaces construites de manière simple, et son installation sur un nouveau serveur (ou simplement sur un ordinateur pour effectuer des tests) est très simple : il suffit en effet de disposer d'un interpréteur de langage PHP (comme par exemple le serveur Apache), et d'un navigateur internet le plus à jour possible. L'utilisation de Python peut également être utile pour la traduction dans des langues autres que l'anglais, mais absolument facultative pour le bon fonctionnement global de l'application. Ce noyau applicatif peut donc être repris directement sans difficulté, afin de le mettre sous la forme qui conviendra le mieux à la plateforme. Dans notre cas il s'agit ainsi d'un bundle Symfony, contenant des fichiers de configuration qui permettront la communication avec la plateforme

1. Plus de détails concernant son fonctionnement sont notamment disponibles dans le manuel développeur livré avec l'application

2. à l'heure où nous écrivons ce rapport, la mise sous forme de bundle Symfony n'est pas encore terminée

Claroline Connect (mais pour d'autres plateformes, on pourrait tout à fait imaginer que l'utilisation du framework Zend soit nécessaire,...).

L'adresse du github à laquelle l'application est disponible est <https://github.com/fclerc/PersoInterfaces>, et une version de démonstration peut être découverte sur <http://elearning-dev.univ-lyon1.fr/persua2mooc/>.

3.3 Fonctionnement du point de vue utilisateur

Cette application présente deux modes d'utilisation complémentaires dans la démarche de personnalisation. La première permet de définir les éléments nécessaires pour adapter le MOOC à chacun, notamment la stratégie pédagogique et le contexte de séquence, et d'indiquer au système quelle stratégie et quel contexte utiliser pour une séquence de MOOC donnée. La seconde permet ensuite tester la stratégie de personnalisation, en utilisant des profils fictifs, que l'équipe pédagogique peut créer elle-même, afin de générer des listes d'activités, affichées sous forme de boussole, exactement comme cela serait fait pour un apprenant.

Pour l'instant, cette application ne permet de mettre en place une stratégie de personnalisation qu'une fois que la structure de tous les modèles est bien définie. Par exemple, il est nécessaire que le modèle de profil d'apprenant soit définitivement fixé, et formalisé en XMLSchema, et ce avant d'utiliser l'application. Certaines compétences sont donc nécessaires chez les administrateurs et techniciens de la plateforme de MOOC en XMLSchema (et, éventuellement, pour faciliter la dernière étape d'adaptation à un MOOC donné, ces compétences peuvent être utiles au sein d'une équipe pédagogique). A terme, on peut imaginer des interfaces dans l'application qui permettraient de définir ces modèles sans avoir besoin de connaissances théoriques de langage informatique très poussées ; cependant il ne s'agissait pas d'une de nos priorités lors du développement de ce noyau applicatif pour la personnalisation.

Un guide utilisateur est fourni avec l'application, et détaille de manière plus avancée ce que nous exposons dans la suite de ce rapport.

3.3.1 Définition des différents éléments permettant la personnalisation

Nous allons maintenant détailler les interfaces disponibles au sein de cette application, dans l'ordre où elles seront normalement utilisées par l'équipe pédagogique au fur et à mesure de la mise en place de sa stratégie pour la personnalisation.

Définition des ressources et de leurs paramètres

Une première interface permet à l'équipe pédagogique de définir la structure des ressources qui sont utilisées au sein du MOOC. Cette structure est un arbre dont tous les éléments sont de type *ressource* (peu importe qu'il s'agisse dans la réalité d'une ressource concrète ou d'un groupe de ressources - voir la section 2.4). Dans



FIGURE 3.1 – Capture d'écran l'interface de définition d'une stratégie pédagogique

cette interface, il est possible de construire entièrement cet arbre de ressources en lui ajoutant des éléments, et de définir pour chacune les valeurs de certains paramètres à travers un formulaire (nom, URI, durée, difficulté, type,...).

Dans la mesure où la définition de toutes les ressources du MOOC peut être très longue et fastidieuse *via* cette interface (un MOOC peut facilement compter une centaine de ressources), il est préférable que des techniciens créent dans un premier temps directement le fichier XML qui les stockera, en définissant la majeure partie des ressources disponibles. Cette interface est surtout destinée à permettre aux enseignants de modifier les paramètres associés aux ressources, et éventuellement d'en ajouter quelques unes au cours du MOOC.

Définition de la stratégie pédagogique

Ensuite, une interface permet la création et la modification de stratégies pédagogiques. Cette interface est divisée en trois parties visibles sur la figure 3.1.

Le centre de cette interface est l'endroit où l'utilisateur va définir les règles de sa stratégie, en exploitant les données des parties droite et gauche. Sur la gauche se trouvent une instance du profil d'apprenant et une instance du contexte 'live', dont les éléments sont cliquables. En cliquant sur un indicateur de cette partie gauche, il est ajouté à la règle en cours de définition, et peut être utilisé au sein d'une contrainte de la partie 'SI' des règles. La partie droite contient les activités disponibles pour le MOOC et la liste des paramètres qu'elles admettent (selon le modèle OKEP réalisé). De la même manière, ces éléments sont cliquables et permettent de construire la règle de manière dynamique en ajoutant des activités et en les contraignant dans les parties 'ALORS' et 'SINON'. Les règles sont également stockées au format XML, et la gestion des fichiers proposée permet à l'équipe pédagogique de créer autant de stratégies qu'elle le souhaite.

Comme pour toutes les interfaces où l'équipe pédagogique entre des données, un

mécanisme de gestion de fichiers basique est proposé. Dans le cas de la stratégie pédagogique, les utilisateurs auront donc plusieurs choix :

- Créer une nouvelle stratégie pédagogique vide, qui ne contient aucune règle (création d'un nouveau fichier)
- Modifier une stratégie pédagogique déjà définie auparavant (modification d'un fichier)
- Dupliquer une stratégie pédagogique : une nouvelle stratégie est créée, mais elle contient déjà des règles (copie d'un fichier)

La suppression des différents fichiers est également rendue possible à l'utilisateur, par simple sélection du fichier qu'il souhaite voir disparaître.

Définition du contexte de séquence

Une troisième interface permet à l'équipe pédagogique de manipuler les contextes de séquence. Les valeurs de ses éléments (nombres minimum et maximum d'exercices,...) sont modifiables très simplement, par un simple clic et la saisie dans un formulaire. Sur cette interface (tout comme sur toutes la majorité des interfaces), de nombreuses icônes d'information permettent, soit par simple survol soit par clic, d'obtenir des informations sur ce que doivent contenir (type de données) et signifient les indicateurs, paramètres et activités.

Association séquences - stratégie et contexte

La quatrième interface permet finalement à l'équipe pédagogique d'indiquer, pour chaque séquence du MOOC, quelle stratégie et quel contexte de séquence elle souhaite employer, en désignant tout simplement les fichiers par les noms que les auteurs leur ont donné. Il est par exemple possible d'utiliser la même stratégie pour toutes les séquences, et ne faire varier que le contexte de séquence, ou encore utiliser des fichiers différents pour chacune d'entre elles. Pour exprimer ces associations, à chaque séquence sont proposés deux listes, l'une reprenant toutes les stratégies déjà définies dans l'application, l'autre les contextes de séquence. Il suffit alors à l'équipe pédagogique de sélectionner pour chaque séquence les fichiers qui sont pertinents : ils seront ensuite directement utilisés pour personnaliser les séquences des apprenants.

A partir de ces quatre premières interfaces, l'équipe pédagogique peut ainsi définir l'intégralité de sa stratégie pédagogique.

3.3.2 Test de la stratégie pédagogique

Trois autres interfaces vont permettre à l'équipe pédagogique de tester sa stratégie, à savoir de générer des exemples de boussoles à partir d'instances de profil et de contexte 'live' qu'elle aura elle-même créé. Les deux premières de ces interfaces permettent d'éditer les valeurs d'indicateurs des profils d'apprenants et des contextes 'live'. Les membres de l'équipe pédagogique peuvent donc, selon leur volonté, créer autant d'apprenants fictifs qu'ils le souhaitent, ainsi que des contextes 'live' imaginés. Ces deux interfaces ressemblent en tout point à celle utilisée pour le contexte

de séquence.

La dernière interface permet de sélectionner une stratégie pédagogique, un contexte de séquence, un contexte 'live' et un profil d'apprenant, puis de visualiser directement la boussole qui sera affichée à un apprenant qui correspondrait exactement aux données fournies.

Une fois de plus, la gestion de fichiers implémentée dans l'application permet de créer autant de profils ou contextes 'live' que souhaité, et notamment de dupliquer ces fichiers : cela peut notamment s'avérer utile lorsque l'équipe pédagogique veut mesurer l'influence d'un indicateur particulier sur la boussole qui est générée, il lui suffit alors de dupliquer un profil et de ne modifier que la valeur de l'indicateur souhaité, permettant ainsi une comparaison facile. Il est également possible d'utiliser des profils d'apprenants réels (calculés par exemple à partir de MOOCs ayant déjà eu lieu par le passé) dans l'application, afin de permettre aux enseignants de réaliser d'autres tests, et de voir ce que leur stratégie donnerait sur un cas concret. Cependant, dans l'état actuel de l'application, l'ajout de fichier doit se faire manuellement (et nécessite donc un accès au serveur).

Ainsi, grâce à ces outils de manipulation et de tests, l'équipe pédagogique a les moyens de définir une stratégie permettant une personnalisation dans le cadre du modèle $PERSUA2_{MOOC}$, et surtout d'en appréhender les effets afin d'aboutir à des règles et un contexte de séquence pertinents et efficaces.

3.3.3 Affichage des statistiques concernant les apprenants

Une des perspectives que nous évoquerons à la fin de ce rapport à propos de la démarche de personnalisation concerne les outils qui sont mis à disposition d'une équipe pédagogique afin de définir sa stratégie. En effet, dans le modèle et l'implémentation proposés ici, l'équipe pédagogique ne dispose d'aucun retour concernant l'efficacité ou non des règles pédagogiques qu'elle définit, et doit uniquement se baser sur ses propres conceptions et objectifs.

Nous avons souhaité faire un premier pas au sein de notre application en ce sens, en réalisant une interface simple donnant des statistiques sur les apprenants, à travers des graphiques reprenant chacun des indicateurs du profil d'apprenant. On y retrouve ainsi pour les indicateurs quantitatifs des diagrammes en boîte pour en visualiser la moyenne et quelques autres caractéristiques. Pour les indicateurs qualitatifs, la répartition des apprenants selon les différentes valeurs possibles sont présentées sous la forme d'un diagramme circulaire.

L'équipe pédagogique dispose ainsi d'informations précieuses sur le déroulement du MOOC. Cela correspondait de plus à un besoin exprimé par l'équipe pédagogique du MOOC FOVEA, dont les membres souhaitaient voir ces informations mises à leur disposition dès lors que des données sont collectées sur les apprenants, constituant ainsi un premier retour important afin de connaître l'utilisation qui est faite de leur cours par les utilisateurs.

3.4 Contraintes de développement et architecture de l'application

3.4.1 Contraintes de développement

Un manuel développeur a été rédigé et est mis à disposition de quiconque souhaite tester l'application ou l'adapter à ses besoins spécifiques. Nous n'allons pas détailler ici très précisément le code de l'application, mais simplement évoquer les différentes contraintes qui ont guidé le développement et les choix qui ont été faits pour la réalisation. Nous donnerons cependant un peu plus de détails sur le générateur de boussole, qui est le cœur de l'application et l'élément le plus important d'un point de vue algorithmique pour permettre la personnalisation.

L'architecture de cette application est simple : une page d'accueil permet à l'utilisateur d'atteindre toutes les autres interfaces proposées, et de sélectionner les fichiers qu'il souhaite exploiter au sein de ces interfaces.

La construction des interfaces telles qu'elles ont été décrites ci-dessus a constitué notre objectif lors du développement. Plusieurs contraintes ont ainsi dû être respectées afin de permettre la meilleure expérience possible pour l'utilisateur. D'autres contraintes sont nées en raison des ressources humaines disponibles lors du projet (un unique développeur, durant environ un mois et trois semaines), et certains axes de développement ont ainsi été priorisés par rapport à d'autres.

Tout d'abord, une interface comme celle permettant de définir les règles nécessite à la fois l'affichage d'une quantité importante de données (profil, contextes, activité, échelles et documentations sur les différents indicateurs et paramètres) et un dynamisme permettant à l'utilisateur de définir ses règles de manière fluide. Les interactions doivent ainsi être gérées en JavaScript. Mais la manipulation de données trop nombreuses peut mener à des dysfonctionnements du navigateur web qui l'exécute. Il s'est ainsi avéré nécessaire de réaliser certains traitements préalables en PHP avant de faire appel à JavaScript. De plus, il n'est pas possible d'accéder directement aux fichiers présents sur un serveur en Javascript : des XMLHttpRequest ont donc été utilisées, et permettent au navigateur d'obtenir les fichiers XML nécessaires sur l'interface, puis d'envoyer les fichiers à stocker, à l'aide de requêtes HTTP. Différents fichiers PHP ont donc été créés répondant à ces besoins spécifiques comme le stockage des fichiers, la génération de documentation pour l'utilisateur... A chaque fois, une approche orientée objet a été privilégiée afin de permettre une grande réutilisabilité de ces objets dans différents contextes (nous reviendrons dans la section 3.4.2 sur les classes qui permettent par exemple de générer une boussole). Le développement en JavaScript a également été guidé par ces notions de réutilisabilité et généricité, comme en témoignent par exemple les interfaces qui permettent la modification du profil d'apprenant, du contexte de séquence et du contexte live, et l'interface de définition des règles (partie gauche, affichant le profil et le contexte live). En effet, ces interfaces sont basées sur la manipulation de fichiers XML concernant :

- La modification des valeurs terminales dans les fichiers XML
- La sélection par l'utilisateur d'un élément XML afin de pouvoir l'utiliser dans

une règle pédagogique (cela ce fait à travers l'utilisation d'événements en JavaScript)

Pour tous ces usages, c'est la même fonction `manipulateXML()` qui est utilisée, et ses arguments permettront de déterminer quelles fonctionnalités sont souhaitées pour le XML affiché sur l'interface (dans quel 'mode', sélection ou modification, il doit être utilisé). Ces fonctionnalités peuvent d'ailleurs être réutilisées dans un contexte autre que celui de notre application, et permettent de manipuler n'importe quel document XML bien formé.

La même philosophie de développement a primé sur l'interface de définition des règles, et permet au final à l'utilisateur de définir les différentes partie d'une règle dans l'ordre qu'il souhaite, avec beaucoup de souplesse. Ceci est le reflet d'une organisation du code permettant de passer d'une opération à n'importe quelle autre sans difficulté, grâce à des fonctions génériques.

Enfin, une dernière contrainte ne vient pas de l'utilisateur, mais du statut de l'application. Il s'agit en effet d'un prototype, qui doit être facilement réutilisable et compréhensible par qui souhaitera le faire évoluer sans avoir suivi son développement initial. En plus du manuel développeur fourni, le code est très largement documenté, et nous avons fait usage de noms de variables décrivant du mieux possible ce qu'elles sont destinées à contenir. Les noms donnés sont donc parfois un peu longs, mais cela est nécessaire en raison de la complexité du modèle `PERSUA2MOOC` qui régit l'application, et de la quantité d'informations différentes à gérer sur une même interface. Toutes les opérations réalisées dans le code lors du traitement des données sont relativement simples, et permettent normalement à quelqu'un qui n'a pas nécessairement de connaissances avancées en informatique de comprendre les opérations réalisées.

3.4.2 Fonctionnement du générateur de boussole

Dans l'application se trouve un module qui permet, à partir des éléments définis par l'équipe pédagogique ainsi que d'un profil d'apprenant et d'un contexte 'live', de déterminer les activités qui doivent être réalisées par l'apprenant, et de les afficher sous la forme d'une boussole (liste de recommandations).

Cette génération, réalisée côté serveur, suit le principe que nous avons vu à propos du processus d'exploitation : la première étape est, pour chaque règle, de voir si elle est ou non applicable à l'apprenant. On obtient ainsi une liste d'activités qui sont les conséquences des règles applicables à l'apprenant. On utilise dans une seconde étape les contraintes globales du contexte de séquence ainsi que les degrés de priorité des règles afin de déterminer lesquelles devront au final être recommandées à l'apprenant. Lors de cette même étape, les activités sélectionnées sont mises sous leur forme finale : une liste de recommandations textuelles, avec des liens vers les différentes ressources à consulter. Pour ces deux étapes, ce sont deux classes différentes et totalement indépendantes qui ont été créées.

Le générateur de boussole lui-même est mis sous forme d'un objet (instanciant la classe 'ActivitiesGenerator'). Son constructeur prend en argument la stratégie pédagogique qui doit être utilisée pour la génération, et une méthode de cet objet

permet ensuite d'obtenir une boussole à partir du profil et des contextes. Le même objet peut donc être utilisé pour générer les boussoles de tous les apprenants.

3.4.3 Résumé de l'architecture de l'application

La figure 3.2 résume l'architecture de l'application présentée ici.

Différentes interfaces permettent de modifier les fichiers XML définis par l'équipe pédagogique. La sélection de ces fichiers se fait toujours sur la page principale de l'application, qui redirige ensuite vers l'interface appropriée. Le générateur de boussole est quant à lui utilisé dans deux cas :

- Premier cas : lorsque l'équipe pédagogique veut faire un test et voir la boussole générée. Dans ce cas tous les fichiers sont sélectionnés sur la page principale.
- Deuxième cas : lorsqu'une boussole est générée pour l'apprenant. La stratégie et le contexte de séquence à utiliser auront été définis auparavant par l'équipe pédagogique. On utilise alors le profil de l'apprenant et le contexte 'live' contenant les bonnes informations au moment où il se connecte.

3.5 Évaluation

3.5.1 Tests du noyau applicatif

Des tests ont été réalisés sur les différentes interfaces proposées afin de vérifier la correspondance entre ce qu'elles produisent et ce qui est effectivement désiré par l'utilisateur à savoir :

- les modèles qui ont été proposés pour la personnalisation doivent être respectés de manière exacte (il est acceptable que certains aspects de ces modèles ne soient pas implémentés, mais rien dans la réalisation ne doit aller contre ces modèles).
- l'utilisateur doit pouvoir définir l'ensemble de ces éléments de manière intuitive et transparente : aucun décalage ne doit exister entre ce qui est exprimé par l'utilisateur *via* les interfaces et ce qui est effectivement stocké dans l'application.

Par exemple, lors de la définition des règles pédagogiques, il est important que ce qui est défini par l'utilisateur corresponde exactement à ce qui est stocké par le système, dans une structure XML respectant les modèles. De plus, lors de la génération de la boussole, il est également souhaitable que les recommandations affichées correspondent effectivement à ce qui est voulu par l'équipe pédagogique dans ses règles, notamment que toutes les conditions soient évaluées comme il le faut, et que les activités générées correspondent à la description qui en est faite *via* l'utilisation des paramètres.

Sur la plupart des interfaces qui proposent des interactions à l'utilisateur *via* la souris et le clavier, des tests 'à la main' ont été réalisés tout au long du développement, dans le but de reproduire une utilisation normale de l'application. Ainsi chacune des nouvelles fonctionnalités - même minime - a été largement éprouvée

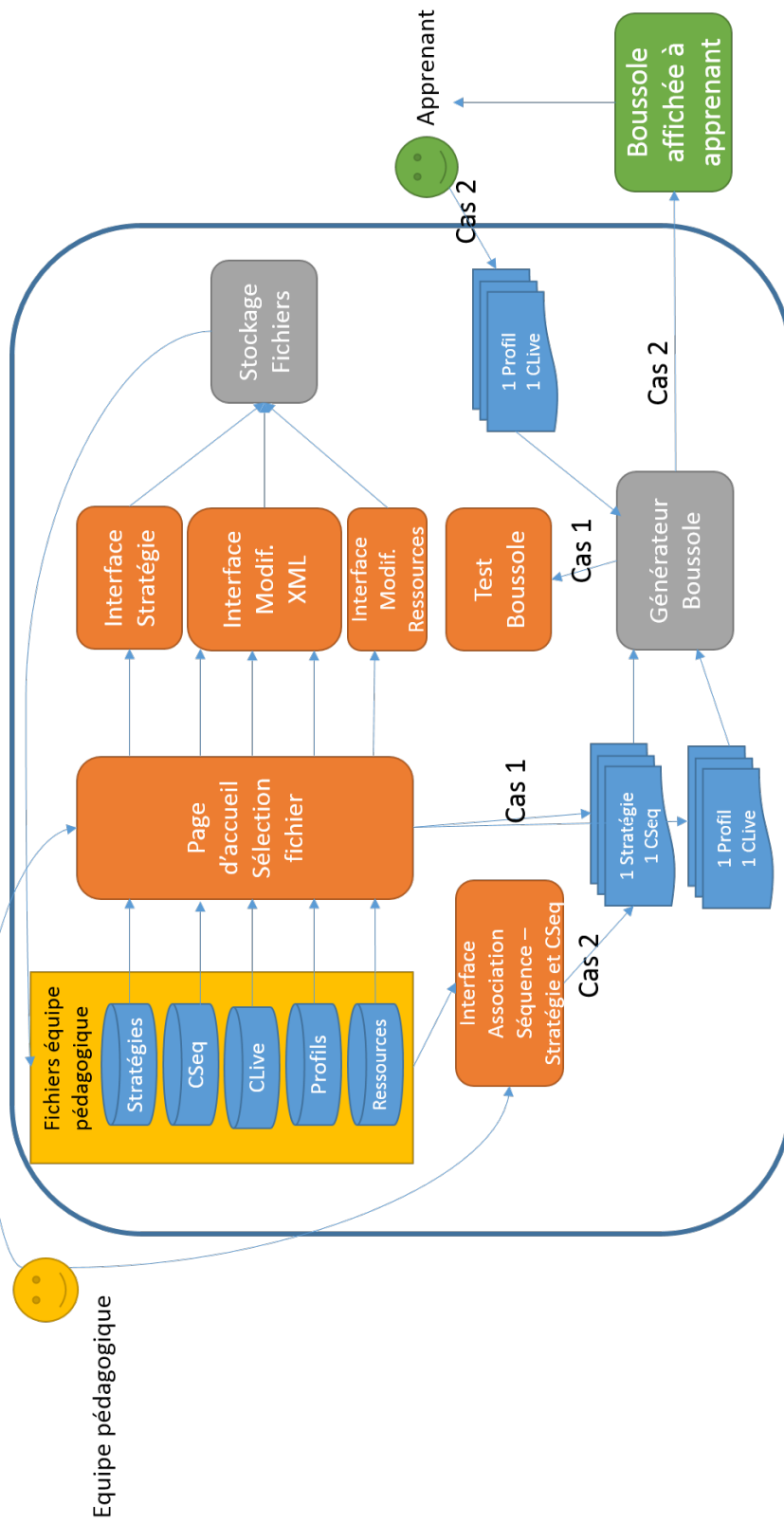


FIGURE 3.2 – Architecture de l'application implémentant le modèle PER-SUA2MOOC

afin de vérifier son bon fonctionnement dans tous les cas pertinents que pourrait rencontrer l'utilisateur, et sa compatibilité avec tout ce qui avait été développé auparavant.

Concernant la génération de la boussole, nous avons automatisé certains de ces tests en générant automatiquement des fichiers XML contenant des règles pédagogiques construites de manière aléatoire mais cadrée, en utilisant par exemple pour les éléments <activité> des activités effectivement existantes dans la description de la plateforme par le modèle OKEP. Cela a permis de vérifier la bonne génération de recommandations pour chacune des activités et chacun des paramètres que l'application avait la prétention de pouvoir gérer lors de la génération de boussole. De même, tous les types de condition peuvent être utilisés sans qu'une erreur ne soit provoquée. Pour autant, cela ne veut pas dire que toutes les conditions définies par un utilisateur ait un sens... la comparaison de deux chaînes de caractères est effectivement supportée par la classe qui s'occupe de l'évaluation des conditions, mais son utilisation semble peu pertinente (sauf dans des cas très précis d'indicateurs où un ordre serait effectivement défini sur des chaînes de caractères, comme par exemple pour délivrer aux apprenants des notes de type 'A', 'B', 'C',... comme dans le système anglais).

Cependant, et dans la mesure où il s'agit d'un prototype, nous n'avons pas réalisé de tests où les valeurs dans les fichiers XML sont générées totalement aléatoirement sans aucun cadrage : l'application ne prétend effectivement pas gérer tous ces cas différents, et des erreurs seront générées lors de l'interprétation du langage PHP sur le serveur. Il est vrai que ces erreurs alors générées sont peu compréhensibles pour l'utilisateur, et une des améliorations de l'application pourra donc être une gestion plus avancée de ces erreurs grâce aux mécanismes proposés par PHP.

Enfin, concernant certains scripts PHP comme ceux qui permettent la génération de documentation à partir de fichiers XMLSchema, les tests ont simplement consisté à vérifier si, après exécution, le fichier généré contenait bien les informations désirées (mais nous n'avons pas réalisé de test sur des fichiers XMLSchema autres que ceux que nous utilisons pour nos modèles).

3.5.2 Tests avec l'équipe pédagogique de FOVEA

Ce projet a été réalisé en interaction avec deux membres de l'équipe pédagogique du MOOC FOVEA : Patrice THIRIET (enseignant) et Alain MILLE (concepteur). Nous leur avons ainsi régulièrement exposé nos travaux, afin qu'ils puissent exprimer leurs attentes et leurs réactions sur le modèle $PERSUA2_{MOOC}$ et l'application qui leur étaient proposés.

Ajout d'indicateurs dans le modèle de profil d'apprenant

L'équipe pédagogique du MOOC FOVEA a étudié et validé les différents modèles qui lui ont été présentés, et notamment celui qui concerne les profils d'apprenant et sa structure en 5 parties. Alain MILLE a de plus défini des indicateurs dont l'utilisation lui semble judicieuse dans la définition d'une stratégie de personnalisation. Ils sont

au nombre de trois, et en voici un aperçu :

- Indicateur 'Activité sur le forum' (producteur ou lecteur)
- Indicateur 'Activité sur les exercices'
- Indicateur de *combinaison entre le nombre de fois où une activité évaluée est réalisée et entre le nombre de fois où une activité associée (non évaluée) est réalisée*

Il se trouve que la structure du profil d'apprenant permet d'inclure ces indicateurs directement, puisque les deux premiers peuvent être intégrés à la partie 'behaviour', tandis que le troisième a sa place au sein de la partie 'resourcesInteraction'. Sur cette mise à l'essai, il s'avère donc que le modèle de profil et sa hiérarchisation permettent de répondre positivement aux souhaits de l'équipe pédagogique en termes d'indicateurs nécessaires à la personnalisation.

Instanciation des modèles et définition de stratégie

Pour évaluer le modèle $PERSUA2_{MOOC}$ nous l'avons confronté directement au MOOC FOVEA, et instancié ses composants sur ce MOOC. Nous avons ainsi utilisé directement l'application exposée en section 3.3 pour décrire les ressources contenues au sein de ce MOOC. Puis, nous avons instancié les modèles de profil d'apprenant, de contexte 'live' et de contexte de séquence, afin de pouvoir les manipuler au sein de l'application. Enfin, nous avons pu vérifier que l'interface proposée par l'application permet de définir l'ensemble des règles telles qu'elles peuvent être exprimées à partir du modèle $PERSUA2_{MOOC}$. A l'heure où ce rapport est écrit, il reste cependant à tester l'utilisabilité de cette application par des non-informaticiens, et une séance de travail est prévue en ce sens lors du mois de Septembre 2014 avec Patrice THIRIET.

Génération d'une boussole

L'application permet de modifier les valeurs contenues dans les contextes de séquence directement, tout comme celles des profils d'apprenant et de contexte 'live'. Nous avons donc réalisé des tests concernant la génération d'une boussole à partir de ces éléments et de stratégies pédagogiques. Ces tests ont été réalisés en faisant varier tous les facteurs qui peuvent influencer la génération de la boussole (nature, nombre et complexité des règles contenues dans la stratégie, informations du contexte de séquence, valeurs des indicateurs dans le profil d'apprenant et dans le contexte 'live'). Les résultats générés affichent des listes d'activités correctes, et correspondent en tout point à ce qui doit être produit par le modèle et son processus d'exploitation à partir des règles définies. Les différents cas de tests utilisés pour vérifier le bon fonctionnement du générateur peuvent être directement consultés sur la page de démonstration de l'application.

3.5.3 Diffusion d'un questionnaire à diffusion large

Afin de confronter notre vision concernant la personnalisation et la manière dont nous avons réalisé notre modèle aux attentes de la part des acteurs du monde des

MOOCs, un questionnaire a été réalisé. 32 personnes y ont répondu. Nous proposons ici un résumé des réponses qui y ont été données.³

Évoquons tout d'abord les participants : un tiers (n=11) d'entre eux a déjà créé un MOOC, et un tiers (n=11) participé complètement à au moins un MOOC. Les autres n'ont fait que tester les plateformes, et seuls 3 d'entre eux n'ont jamais eu d'expérience avec les MOOCs. Comme nous l'avons déjà dit, tous font partie du monde de l'éducation (20 d'entre eux sont maitres de conférences ou enseignant-chercheur).

Questions ouvertes sur la personnalisation.

La première phase du questionnaire était un ensemble de trois questions ouvertes, que voici :

1. Pour vous, qu'est-ce que la personnalisation de l'apprentissage dans le cadre d'un MOOC ?
2. Dans un MOOC, quelles informations sur un étudiant vous semblent essentielles afin de permettre la personnalisation ?
3. Dans un MOOC, sur quoi désireriez-vous agir afin de permettre la personnalisation et l'adaptation à l'étudiant ?

Dans la mesure où ces questions étaient ouvertes, nous ne présentons pas de statistiques formelles sur les résultats, mais exposons plutôt les idées majeures qui émergent des retours que nous avons eus. Dans la question 1, c'est la notion d'individualisation qui a été très souvent évoquée, sous plusieurs formes : mise à disposition de feedback personnalisé pour l'apprenant, conseils d'ordre général, adaptation au rythme d'apprentissage de l'apprenant en lui proposant une progression individualisée (que ce soit en modifiant l'ordre des ressources, ou le contenu des ressources elles-mêmes), proposition d'exercices complémentaires, réponse personnalisée à toutes les questions que l'apprenant peut se poser durant le MOOC. Le tout doit être fait en tenant compte du niveau de l'apprenant, de ses centres d'intérêt, et de ses résultats (cela sera discuté plus en détail dans la question 2). Pour certains, la personnalisation prend tout son sens dans les échanges que l'apprenant peut avoir avec les autres participants du MOOC, que ce soit à travers la correction par les pairs⁴, ou lors d'échanges sur les réseaux sociaux ou le forum. Deux personnes ont même estimé que, les MOOCs étant par définition massifs, la personnalisation du cours à chacun des apprenants est ainsi impossible, et la seule manière pour ces apprenants de personnaliser leur expérience est d'interagir avec les autres participants. Enfin, deux participants ont estimé que l'apprenant doit être le seul décideur dans cette démarche de personnalisation, et que la plateforme doit simplement lui fournir

3. Voici un lien vers le questionnaire, tel qu'il a été soumis : <https://docs.google.com/forms/d/1Y5ERbSxQEEVJnBg11tKZrIG4NBnkRPIKmHeOPqc0EwQ/>

4. Dans un MOOC, l'évaluation par les pairs est utilisée là où la correction automatique n'est pas possible (rédaction d'une dissertation par exemple) ou alors peu performante. Chacun des apprenants qui participe au MOOC et soumet un devoir doit corriger un certain nombre de copies d'autres participants (souvent 3 ou 4) et leur attribuer une note en fonction de certains critères prédéfinis et clairement détaillés par l'équipe pédagogique

des indications pour qu'il identifie ce qu'il sait, ne sait pas ou doit consolider. La notion de "choix pédagogiques de l'apprenant" a même été évoquée.

La principale source d'information évoquée dans la question 2 concerne les connaissances de l'apprenant *a priori*, avant de prendre part au MOOC (à travers un questionnaire initial, ou une auto-évaluation). *A contrario* deux participants ont indiqué explicitement dans leur réponse que ces informations étaient souvent trompeuses, et pas forcément les plus pertinentes. D'autres informations disponibles au début du MOOC ont également été jugées importantes, comme les centres d'intérêt de l'apprenant, ses objectifs dans le MOOC, sa manière d'apprendre et ses capacités d'apprentissage. Le profil professionnel, la formation et les informations d'ordres démographiques ont aussi été évoqués. Ensuite, certains ont également parlé des informations qui concernent l'apprenant au moment où il se connecte à la plateforme : ce qui influe sur sa "disponibilité mentale" (environnement, activité menée en parallèle...), ou encore sa disponibilité. Enfin, un participant a indiqué que, selon son expérience, ce n'est pas forcément la connaissance de l'apprenant qui est la plus importante à mesurer, mais plutôt son gradient d'apprentissage (c'est-à-dire la manière dont ses connaissances évoluent, plutôt que les connaissances elles-mêmes).

La question 3 a reçu moins de réponses que les précédentes. Néanmoins, on peut en voir émerger un élément important : pour 50% des interrogés la personnalisation doit se présenter sous forme de guidage pour l'apprenant, d'incitations. En revanche pour 25% des participants, il devrait être fait appel à des dispositifs du type questionnaires bloquants, qui ne permettent à un apprenant d'accéder à une section du cours que lorsqu'il aura obtenu un score suffisant, ou encore à des modifications de l'interface en fonction de l'apprenant. Un participant a lui indiqué que tout choix doit être "négocié" avec l'apprenant. Parmi ce qui peut être personnalisé, on retrouve : la complexité des ressources, les types et supports d'activité, la forme des examens. Les feedbacks sont aussi jugés importants pour l'apprenant, concernant son utilisation du MOOC, ou encore venant de la correction par les pairs. Enfin, la gestion par l'apprenant de sa propre progression, dans un espace personnel et en fonction de ses disponibilités, a été suggérée.

Questions fermées : indicateurs et fonctionnalités.

Dans la seconde phase du questionnaire, les questions 2 et 3 étaient des questions fermées : pour chacune, nous donnions une liste d'éléments auxquels nous avons déjà pensé pour y répondre. Pour chacun des éléments, le participant disait s'il était :

- Tout à fait d'accord
- D'accord
- Ni en accord ni en désaccord
- Pas d'accord
- Pas du tout d'accord

Afin de voir, dans chaque cas, quels étaient les éléments qui semblaient les plus pertinents pour les participants de l'étude, nous avons employé une méthode simple : pour chaque réponse un 'Tout à fait d'accord' équivaut à 2 points ; 'D'accord' à 1 point, ... 'Pas du tout d'accord' équivaut à -2 points, puis la somme est faite sur

Mise en Place de la Personnalisation Dans le Cadre des MOOCs

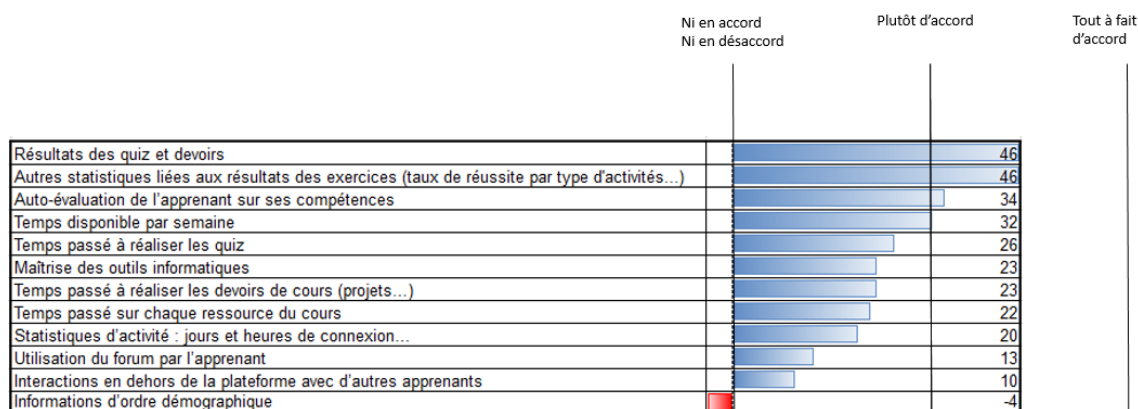


FIGURE 3.3 – Réponses à la question fermée sur les informations du profil d'apprenant

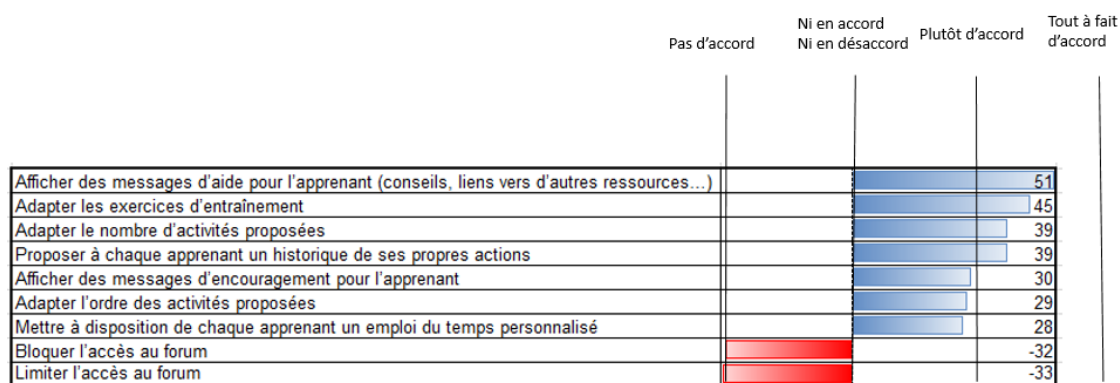


FIGURE 3.4 – Réponses à la question fermée sur les activités à personnaliser

tous les participants pour un élément donné (le 'score' total est donc entre -64 et +64). Pour les indicateurs (les informations qui devraient figurer dans le profil d'apprenant), les résultats obtenus sont visibles en figure 3.3.

Les résultats aux quiz et devoirs, ainsi que le comportement de l'apprenant durant leur réalisation, sont fortement privilégiés. Les informations d'ordre démographique semblent à l'inverse être les moins pertinentes pour les participants. Pour les fonctionnalités de plateformes de MOOCs sur lesquelles on peut agir, la figure 3.4 montre les résultats.

Toutes les propositions sont plutôt pertinentes pour les participants, sauf tout ce qui pourrait limiter l'accès au forum (on perdrait en effet un des principaux lieux d'échange du MOOC, et cette forme de personnalisation serait plus une contrainte qu'un guidage de l'apprenant).

Conclusion - Confrontation des résultats à nos travaux. La vision de la personnalisation qui a émergé de ce questionnaire est celle de l'individualisation du parcours de chaque apprenant, ainsi qu'une adaptation à son rythme d'apprentissage. Cette vision correspond à celle que nous avons privilégiée dans notre modèle,

et celui-ci permet l'adaptation à chaque apprenant. De plus, la majorité des personnes ayant répondu ont indiqué que cette personnalisation doit se faire sous forme de recommandations pour l'apprenant, et non sous forme de contraintes. Il s'agit également de la démarche que nous avons suivie, à travers l'affichage d'une boussole aux apprenants, qu'ils sont libres de suivre ou non. Certaines questions permettaient par ailleurs aux participants d'indiquer ce sur quoi la personnalisation devait se baser. Tous les indicateurs qui ont été cités ont été confrontés au modèle de profil d'apprenant, et chacun peut y être intégré sans aucune modification structurelle. Ce questionnaire indique ainsi que la constitution du modèle de profil d'apprenant est pertinente et en phase avec la vision de ces acteurs, et que les objectifs globaux poursuivis par le modèle $PERSUA2_{MOOC}$ le sont tout autant.

3.6 Synthèse des évaluations

Bien qu'il ne s'agisse que d'un simple prototype, l'application a été l'objet de tests complets sur toutes les fonctionnalités considérées comme achevées et disponibles pour l'utilisateur. Leur succès a permis de vérifier que cette application est en mesure de répondre aux attentes d'une équipe pédagogique pour mettre en place la personnalisation en respectant le modèle $PERSUA2_{MOOC}$.

Les tests d'instanciation sur le MOOC FOVEA décrits dans la section 3.5.2 indiquent ainsi que le modèle $PERSUA2_{MOOC}$ permet à une équipe pédagogique de mettre en place, à travers des règles simples et facilement compréhensibles par un humain, une stratégie de personnalisation pour les apprenants et de l'appliquer afin de proposer des activités adaptées à chacun.

Du fait de l'intérêt pour le projet et des retours positifs concernant la modélisation proposée, Patrice THIRIET envisage ainsi d'utiliser cet outil, avec des collègues d'autres universités, afin de proposer des cours personnalisés à certains de ses élèves en situation réelle, notamment pour une promotion de STAPS de l'ordre de 500 étudiants. Par ailleurs, des expérimentations sont prévues pour le mois de Septembre 2014 avec Patrice THIRIET, afin de juger la prise en main de l'outil par un enseignant. De plus, l'instanciation sur un MOOC (non encore déterminé) autre que FOVEA du modèle est également planifiée, afin de juger de sa généricité et de son applicabilité à différents cours. Enfin, le questionnaire envoyé à des acteurs du monde des MOOC a permis de vérifier que la démarche poursuivie par notre modèle pour la personnalisation répond aux attentes de la grande majorité. Un second questionnaire a été envoyé, afin cette fois d'obtenir des retours sur les modèles que nous proposons.

Partie 4

Discussion et perspectives d'évolution

Dans cette partie, nous effectuons un état des lieux concernant le modèle et l'implémentation qui en a été réalisée, en identifiant tout particulièrement les apports en comparaison d'autres travaux déjà réalisés par la communauté scientifique. Les différentes possibilités qui s'ouvrent pour de futurs travaux de recherche et d'implémentation sont ensuite évoquées.

4.1 Discussion

4.1.1 Intégration à d'autres plateformes et MOOCs

A l'heure où nous écrivons ce rapport, l'application réalisée est en cours de migration vers une nouvelle version, afin de la mettre sous forme de plugin pour la plateforme Claroline Connect. Une fois ce travail terminé, une première intégration complète du modèle aura donc été réalisée par nos soins sur le MOOC FOVEA. Le modèle $PERSUA2_{MOOC}$ étant générique, il peut cependant être appliqué à d'autres MOOCs sans modification de son architecture formelle et de ses processus. Les seules adaptations nécessaires doivent être réalisées au niveau des modèles qu'il comporte, mais cette adaptation reste simple pour toutes les plateformes actuelles, dans la mesure où le modèle a été élaboré en tenant compte de l'état de l'art de ces plateformes. Un effort sera néanmoins à apporter d'un point de vue technique, afin d'intégrer l'application de personnalisation à la plateforme de MOOC.

4.1.2 Apports du modèle

Dans la section 1.2.2 nous avons évoqué plusieurs travaux dont le but était de personnaliser les MOOCs. Cependant, certains ne poursuivent pas les mêmes objectifs. L'un avait pour but de déterminer pour un utilisateur le MOOC qui convient le mieux à ses objectifs, mais pas de personnaliser le contenu de ce cours. D'autres projets visent à personnaliser l'expérience d'un apprenant au sein d'un MOOC, mais

se concentrent sur des points précis, comme la planification ou la proposition d'exercices de remédiation. Enfin, le projet POEM permet bien la création de parcours individuels, mais il se base pour les générer sur les parcours qui ont déjà été suivis par le passé par d'autres apprenants. Notre approche place les enseignants au centre de la démarche de la personnalisation, afin qu'ils puissent exprimer leur vision de la manière la plus claire et la plus simple possible à travers une stratégie pédagogique, permettant l'adaptation de leur cours à chacun. De plus, ce modèle propose une personnalisation intégrant l'ensemble des fonctionnalités proposées sur une plateforme de MOOC.

4.2 Perspectives

4.2.1 Interaction avec d'autres axes de recherche de COAT

Le travail que nous avons réalisé ici s'inscrit dans le cadre du projet COAT. Le but à court terme sera de coupler cette démarche de personnalisation à d'autres travaux qui ont été effectués au sein de ce projet. Le premier concerne le calcul des indicateurs à partir des traces [4]. Un langage naturel contrôlé a été créé et implémenté afin de permettre à des non-informaticiens d'interroger une base de traces (sans avoir besoin d'apprendre le langage de requête SPARQL). L'intégration de cet outil permettrait ainsi à un enseignant de définir ses propres indicateurs dans le profil, et d'indiquer directement comment leur calcul doit être réalisé par le programme. Un deuxième travail concerne les générateurs d'exercices. Il a pour but de permettre, à partir de ressources définies par l'équipe pédagogique, la génération d'exercices de type QCM, appariement, classement,... qui seront différents à chaque fois (on évite ainsi le biais qui peut exister au sein des MOOCs lorsque les apprenants sont évalués plusieurs fois sur le même exercice, sans aucune modification). Dans la mesure où cette génération d'exercices est réalisée à l'aide de paramètres donnés par l'utilisateur (ici, l'enseignant), ces paramètres pourront être intégrés au modèle OKEP de la plateforme de MOOC, et donc directement utilisés dans le cadre de la personnalisation.

4.2.2 Perspectives à long terme

A plus long terme, une perspective importante sera de donner à l'équipe pédagogique des outils et retours sur l'activité des apprenants afin de juger de l'efficacité de sa stratégie pédagogique. Des indicateurs sur l'efficacité des règles définies seront donc nécessaires. De manière plus avancée, des propositions pourront éventuellement être directement faites à l'équipe pédagogique par le système à partir de l'étude des résultats et des traces d'interaction des apprenants (en détectant automatiquement les bonnes pratiques des apprenants,...). Cela s'inscrit dans le cadre du raisonnement à partir de l'expérience tracée [41].

Une autre perspective sera d'impliquer l'apprenant encore plus dans le processus de personnalisation. Il y participe déjà dans la solution que nous avons proposée

dans la mesure où il peut choisir de suivre ou non les recommandations qui lui sont données. Mais un modèle plus avancé pourrait permettre une interaction plus grande entre un apprenant et la stratégie pédagogique définie par l'équipe pédagogique du MOOC, permettant d'atteindre ainsi des niveaux d'adaptation toujours plus pertinents.

Par ailleurs, et il s'agit là d'une question qui se pose de manière plus générale à chaque fois que l'on fait appel aux traces pour tirer des conclusions sur le comportement d'un apprenant, il faudra se demander s'il est vraiment possible de caractériser de manière sûre un individu et son processus d'apprentissage à travers les seules traces d'interaction sur la plateforme. Beaucoup de MOOCs font en effet appel à des ressources extérieures, et l'on perd la trace de l'apprenant lorsqu'il quitte la plateforme pour les utiliser. La réponse à cette question viendra des différentes expérimentations qui pourront être menées sur les plateformes. L'extension pour navigateur Trace-Me [34], développée au sein de l'équipe Silex, peut également être une solution à cette difficulté puisqu'elle permet, si l'apprenant le souhaite, de tracer l'ensemble de son activité sur tous les sites qu'il visitera au cours de son apprentissage.

4.2.3 Sur les données collectées et leurs usages.

Au-delà de la personnalisation, d'autres usages pourraient être imaginés pour les données contenues dans les profils d'apprenants. Au cours de discussions concernant le MOOC FOVEA, l'attribution de badges aux apprenants en fonction de leur participation au MOOC, à travers par exemple leur activité sur le forum, a été évoquée, et pourrait se baser directement sur des indicateurs contenus dans le profil.

Par ailleurs, et il s'agit là d'une question qui se pose de manière plus générale à chaque fois que l'on fait appel aux traces pour tirer des conclusions sur le comportement d'un apprenant, la question se pose de savoir s'il est possible de caractériser de manière sûre un individu et son processus d'apprentissage à travers les seules traces d'interaction sur la plateforme. Beaucoup de MOOCs font en effet appel à des ressources extérieures, et l'on perd la trace de l'apprenant lorsqu'il quitte la plateforme pour les utiliser. La réponse à cette question viendra des différentes expérimentations qui pourront être menées sur les plateformes. L'extension pour navigateur Trace-Me [34], développée au sein de l'équipe Silex, peut également être une solution à cette difficulté puisqu'elle permet, si l'apprenant le souhaite, de tracer l'ensemble de son activité sur tous les sites qu'il visitera au cours de son apprentissage.

D'autres questions fondamentales dépassant ce projet peuvent être soulevées, notamment celle qui concerne la sécurité des données collectées à propos des apprenants. Ces informations permettent de connaître non seulement les compétences et connaissances des apprenants, mais aussi tout ce qui concerne leurs facultés d'apprentissage, et différentes caractéristiques dont il vaudrait mieux éviter la diffusion non consentie. Ainsi ces données contenues dans les profils d'apprenant pourraient nécessiter une sécurité et une confidentialité aussi importante que celle qui concerne les données médicales. Ces aspects doivent être pris en compte lors de l'utilisation concrète d'un dispositif de personnalisation de l'apprentissage, afin de donner aux

utilisateurs tous les pouvoirs sur l'utilisation et la diffusion de leurs données à caractère personnel. Au final, la personnalisation ne pourra bien entendu être proposée qu'aux seuls utilisateurs qui accepteront de voir chacune de leurs actions sauvegardées et traitées. Certaines dispositions légales, comme par exemple une déclaration à la CNIL, seront de plus nécessaires : l'intégration du module de personnalisation à une plateforme ne soulève donc pas seulement des questions techniques, mais également des problématiques juridiques, éthiques,...

Enfin, concernant des considérations plus matérielles, l'utilisation en conditions réelles, dans des MOOCs pouvant dépasser le millier d'apprenants, ne pourra se faire sans songer de manière plus poussée aux ressources nécessaires. En effet, la collecte de toutes les traces des apprenants requiert un espace de stockage important, ainsi qu'un minimum de performance réseau pour recueillir toutes les traces qui seront collectées et envoyées par le navigateur des apprenants. De plus, l'obtention des indicateurs du profil pour chacun des apprenants nécessitera une puissance de calcul importante, qui dépendra directement de la complexité des indicateurs souhaités par l'équipe pédagogique, et des algorithmes permettant de les obtenir.

Conclusion

Afin de répondre à cet enjeu majeur qu'est la personnalisation dans le domaine des MOOCs, nous avons proposé un modèle complet, $PERSUA2_{MOOC}$, qui permet à une équipe pédagogique d'adapter automatiquement son cours à chacun des apprenants. Ce modèle a été instancié dans le cadre du MOOC FOVEA, et son processus d'exploitation implémenté sous la forme d'une application web. Nous avons ainsi pu éprouver l'ensemble des composantes de ce modèle, et vérifier que leur instanciation était possible, permettant au final de définir une stratégie pédagogique complète, puis de générer des listes d'activités personnalisées à chaque apprenant d'un MOOC. De plus, une interaction régulière avec l'équipe pédagogique de FOVEA a permis de confronter ce modèle et l'application aux attentes réelles de ses membres. Ainsi, des expérimentations futures en conditions réelles sont à prévoir en 2014-2015, sur des promotions de l'ordre de 500 étudiants.

Bibliographie

- [1] Coursera, “Coursera Homepage.” <https://www.coursera.org/>.
- [2] EdX, “edX - online courses and classes from the world’s best universities.” <https://www.edx.org/>.
- [3] FUN, “France Université Numérique - Accueil.” <https://www.france-universite-numerique-mooc.fr/>.
- [4] COAT, “Wiki du projet COAT CNRS.” <http://liris.cnrs.fr/coatcnrs/wiki/doku.php>.
- [5] UCBL, “Plateforme Claroline Connect.” <http://claco.univ-lyon1.fr/>.
- [6] C. D. K. Ulrike Cress, ed., *Proceedings of the European MOOC Stakeholder Summit 2014*, P.A.U. Education, 2014.
- [7] Patrick Aebischer, “EMOOCs 2014 : 20 MOOCs later : What have we learned ?.” <https://www.youtube.com/watch?v=xxp1p-pqpls>, 2014.
- [8] M. Cisel, “Qui étaient les participants du MOOC Gestion de Projet ? | La révolution MOOC.” <http://blog.educpros.fr/matthieu-cisel/2013/08/16/qui-etaient-les-participants-du-mooc-gestion-de-projet/>, 8 2013.
- [9] E. G. Rachel Baker, Brent Evans and T. Dee, “Understanding persistence in moocs (massive open online courses) : Descriptive & experimental evidence,” in *Proceedings of the Second MOOC European Stakeholders Summit (EMOOCs2014)*, (Lausanne, Switzerland), pp. 5–10, Fev 2014.
- [10] Christian Willems, Jan Renz, Thomas Staubitz, Christoph Meinel , “Reflections on enrollment numbers and success rates at the openhpi mooc platform,” in *Proceedings of the Second MOOC European Stakeholders Summit (EMOOCs2014)*, (Lausanne, Switzerland), pp. 101–106, Fev 2014.
- [11] D. G. Sherif Halawa and J. Mitchell, “Dropout prediction in moocs using learner activity features,” in *Proceedings of the Second MOOC European Stakeholders Summit (EMOOCs2014)*, (Lausanne, Switzerland), pp. 58–65, Fev 2014.
- [12] Sergio Miranda, Giuseppina Rita Mangione, Francesco Orciuoli, Vincenzo Loia and Saverio Salerno , “The sired training platform : Facing the dropout phenomenon of mooc environments,” in *Proceedings of the Second MOOC European Stakeholders Summit (EMOOCs2014)*, (Lausanne, Switzerland), pp. 107–113, Fev 2014.
- [13] P. P. Tharindu Rekha Liyanagunawardena and S. A. Williams, “Dropout : Mooc participants’ perspective,” in *Proceedings of the Second MOOC European Stakeholders Summit (EMOOCs2014)*, (Lausanne, Switzerland), pp. 95–100, Fev 2014.

- [14] S. Haggard, “The maturing of the MOOC : literature review of massive open online courses and other forms of online distance learning,” Research Paper 130, Department for Business Innovation and Skills, London, UK, Sept. 2013.
- [15] C. Vincent, E. Delozanne, B. Grugeon, J.-M. Gélis, J. Rogalski, and L. Coulange, “Des erreurs aux stéréotypes : Des modèles cognitifs de différents niveaux dans le projet pépite,” in *Environnements Informatiques pour l’Apprentissage Humain*, pp. 297–308, INRP, 2005. NAT LIP6 MOCAH.
- [16] A. Mitrovic, “A knowledge-based teaching system for sql,” in *ED-MEDIA 98*, pp. 1027–1032, 1998.
- [17] P. Brusilovsky, J. Eklund, and E. Schwarz, “Web-based education for all : A tool for development adaptive courseware,” in *Computer Networks and ISDN Systems*, pp. 1–7, 1998.
- [18] M. H. Davis, “Outcome-based education.,” *Journal of veterinary medical education*, vol. 30, pp. 258–63, Jan. 2003.
- [19] ICOPER, “Interoperable Content for Performance in a Competency-driven Society.” <http://www.icoper.org/>.
- [20] S. Mandin and N. Guin, “Basing learner modelling on an ontology of knowledge and skills,” in *IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, July 2014.
- [21] P. Brusilovsky and J. Eklund, “A study of user model based link annotation in educational hypermedia,” *Journal of Universal Computer Science*, vol. 4, pp. 429–448, 1998.
- [22] G. Paquette, “An ontology and a software framework for competency modeling and management,” 2007.
- [23] J.-P. Pernin and A. Lejeune, “Dispositifs d’apprentissage instrumentés par les technologies : vers une ingénierie centrée sur les scénarios,” in *Technologies de l’Information et de la Connaissance dans l’Enseignement Supérieur et de l’Industrie*, (Compiègne France), pp. 407–414, Université de Technologie de Compiègne, oct 2004.
- [24] T.-W. Chang, M. M. El-Bishouty, S. Graf, and Kinshuk, “Recommendation mechanism based on students’ working memory capacity in learning systems,” in *ICALT*, pp. 333–335, IEEE, 2013.
- [25] U. Markowska-Kaczmar, H. Kwasnicka, and M. Paradowski, “Intelligent techniques in personalization of learning in e-learning systems,” in *Computational Intelligence for Technology Enhanced Learning* (F. Xhafa, S. Caballé, A. Abraham, T. Daradoumis, and A. Juan Perez, eds.), vol. 273 of *Studies in Computational Intelligence*, pp. 1–23, Springer Berlin Heidelberg, 2010.
- [26] Kopeinik, S. ; Nussbaumer, A. ; Winter, L.-C. ; Dimache, A. ; Albert, D. ; Roche, T. : , “Combining self - regulation and competence - based guidance to personalise the learning experience in moodle,” in *The 14th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2014) “Advanced Technologies for Supporting Open Access to Formal and Informal Learning”*, (Lausanne, Switzerland), Press IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, 2014.

- [27] I. Gutiérrez-Rojas, C. Alario-Hoyos, M. Pérez-Sanagustín, D. Leony, and C. Delgado-Kloos, “Scaffolding self-learning in mooc,” in *Proceedings of the Second MOOC European Stakeholders Summit (EMOOCs2014)*, (Lausanne, Switzerland), pp. 43–49, Fev 2014.
- [28] I. Gutiérrez-Rojas, D. Leony, C. Alario-Hoyos, M. Pérez-Sanagustín, and C. Delgado-Kloos, “Towards an outcome-based discovery and filtering of moocs using moocrank,” in *Proceedings of the Second MOOC European Stakeholders Summit (EMOOCs2014)*, (Lausanne, Switzerland), pp. 50–57, Fev 2014.
- [29] B. Franklin, “POEM (Personalised Open Education for the Masses),” *blog.educpros.fr*, 2014.
- [30] P. Collet, “POEMs pour une Education 4P.” <http://audiovideocast.unistra.fr/avc/courseaccess?id=9443>.
- [31] M. Lefevre, S. Jean-Daubias, and N. Guin, “PERSUA2, un modèle pour unifier le processus de personnalisation des activités d’apprentissage,” in *EIAH 2011 - Environnements Informatique pour l’Apprentissage Humain*, pp. 369–380, May 2011.
- [32] M. Lefevre, *Processus unifié pour la personnalisation des activités pédagogiques : méta-modèle, modèles et outils*. Thèse de doctorat en informatique, Université Claude Bernard Lyon 1, Dec. 2009.
- [33] C. Eyssautier-Bavay, *Modèles, langage et outils pour la réutilisation de profils d’apprenants*. Thèse de doctorat en informatique, Université Joseph Fourier, Grenoble 1, May 2008.
- [34] SILEX, “Trace-Me.” <https://github.com/fderbel/Trace-Me>.
- [35] P.-A. Champin, A. Mille, and Y. Prié, “Vers des traces numériques comme objets informatiques de premier niveau : une approche par les traces modélisées,” *Intellectica*, pp. 171–204, June 2013.
- [36] M. Nebra, “Statistiques du MOOC HTML5 et Open Data – Simple IT : le blog.” <http://www.simple-it.fr/blog/2014/01/statistiques-du-mooc-html5-et-open-data/>, Jan. 2014.
- [37] D. T. Seaton, J. Reich, S. O. Nesterko, T. Mullaney, J. Waldo, A. D. Ho, and I. Chuang, “6.002x Circuits and Electronics MITx on edX Course Report - 2013 Spring,” *MITx Working Paper*, vol. 8, pp. 1–7, January 2014.
- [38] M. Cisel, “MOOC : quelles données récoltons-nous et pourquoi? | La révolution MOOC.” <http://blog.educpros.fr/matthieu-cisel/2013/08/19/mooc-queelles-donnees-recoltons-nous-et-pourquoi>, 8 2013.
- [39] EdX, “Docs - Tracking Logs.” https://devdata.readthedocs.org/en/latest/internal_data_formats/tracking_logs.html.
- [40] P. Hill, “Combining MOOC Student Patterns Graphic with Stanford Analysis.” <http://mfeldstein.com/combining-mooc-student-patterns-graphic-stanford-analysis/>, 2013.
- [41] A. Cordier, M. Lefevre, S. Jean-Daubias, and N. Guin, “Concevoir des assistants intelligents pour des applications fortement orientées connaissances : problématiques, enjeux et étude de cas,” in *IC 2010 - 21èmes Journées Francophones d’Ingénierie des Connaissances* (S. Desprès, ed.), pp. 119–130, Presses des Mines, June 2010.

Annexe A

Fonctionnalités majeures des plateformes de MOOCs

Les figures A.1 et A.2 présentent une vue détaillée des fonctionnalités majeures présentes sur les plateformes de MOOCs actuellement.

Mise en Place de la Personnalisation Dans le Cadre des MOOCs

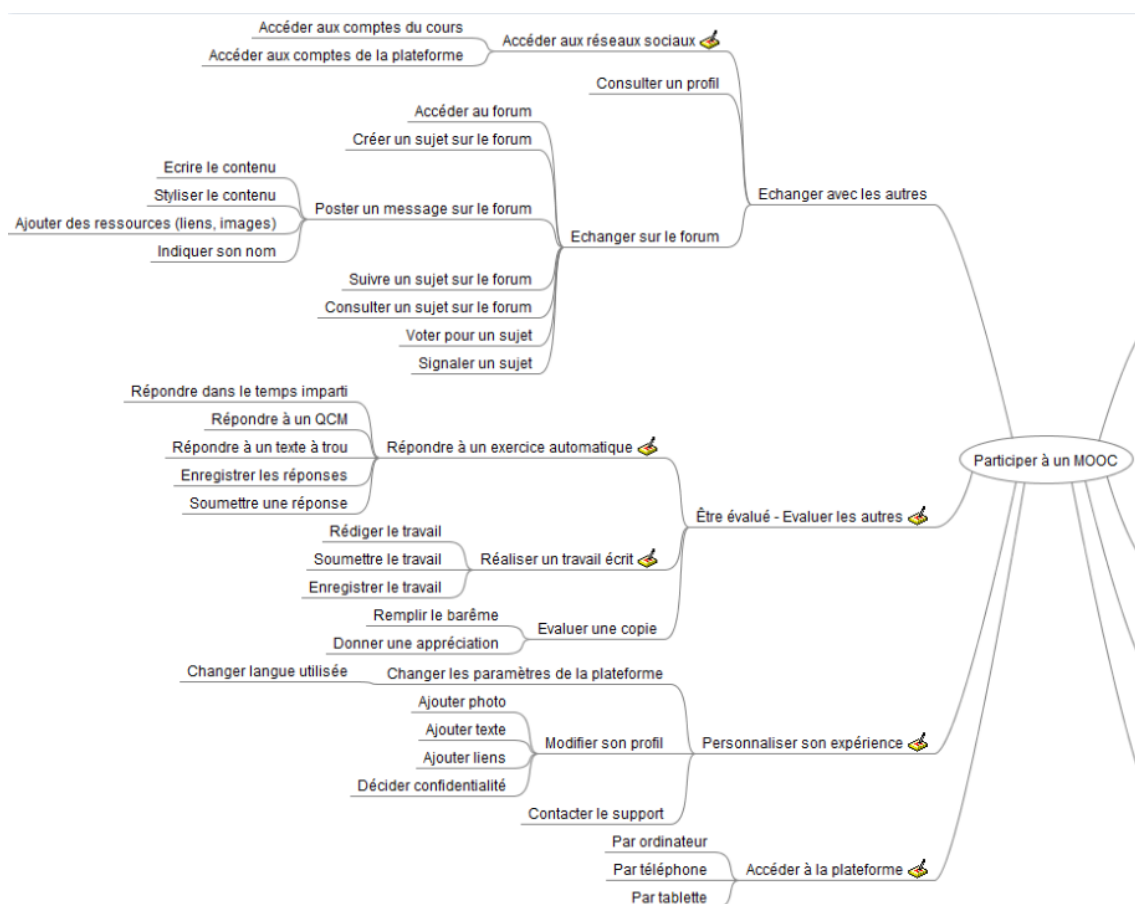


FIGURE A.1 – Fonctionnalités majeures des plateformes de MOOC - partie gauche

Mise en Place de la Personnalisation
Dans le Cadre des MOOCs

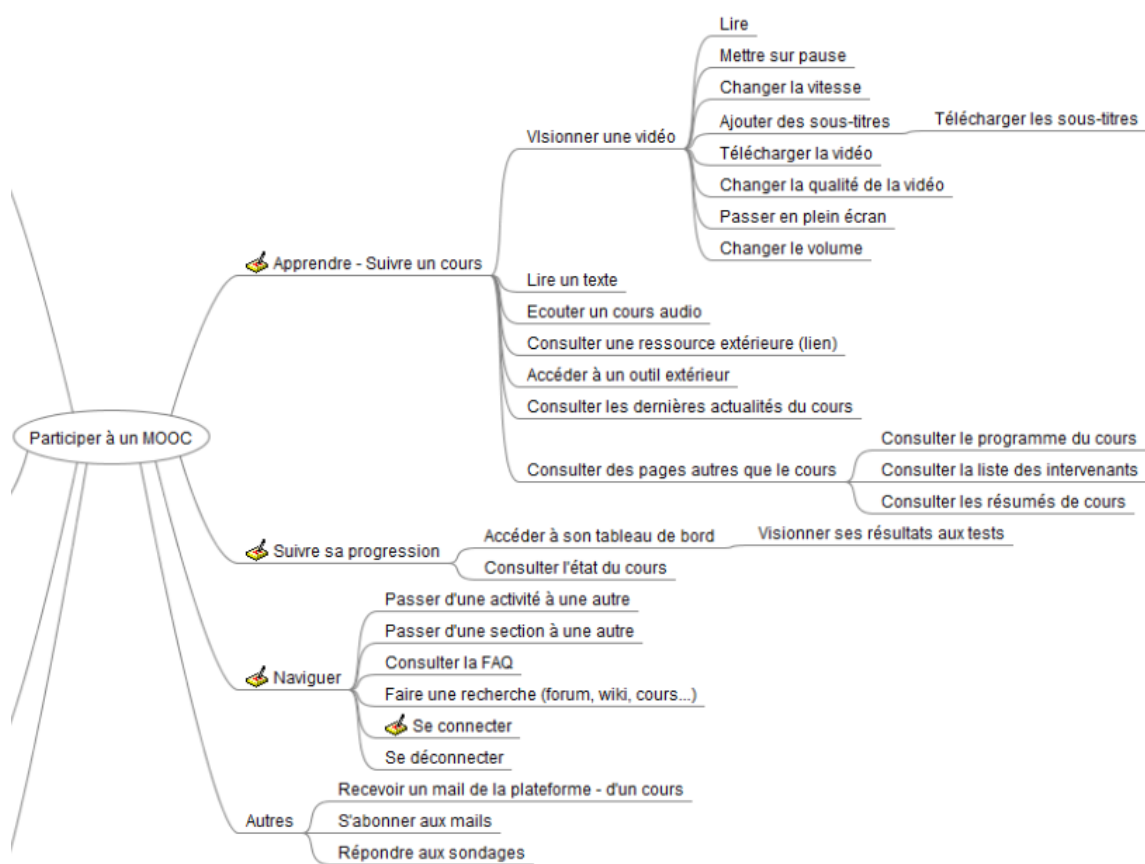


FIGURE A.2 – Fonctionnalités majeures des plateformes de MOOC - partie droite