

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

Université Mohamed Khider - Biskra

Faculté des Sciences Exactes et des Sciences de la Nature et de la Vie Département
d'Informatique



THESE

Présentée pour l'obtention du diplôme de

DOCTORAT EN SCIENCES

Spécialité : Informatique

par :

CHOUCHANE Khamssa

- Thème -

Une Approche pour le M-Learning dans le Cloud Computing

Soutenue le 26 Juin 2023 devant le jury

Président	Pr. Khaled REZEG	Université de Biskra
Rapporteur	Pr. Okba KAZAR	Université de Biskra
Examineur	Pr. Saber BENHARZALLAH	Université de Batna 2
Examineur	Pr. Rachid SEGHIR	Université de Batna 2
Examineur	Dr. Djamel NESSAH (MCA)	Université de Khenchela
Examineur	Dr. Houcine BELOUAR (MCA)	Université de Biskra

2022 / 2023

Je dédie ce travail :
À mes chers parents qui m'ont soutenu et
encouragé durant ces années d'études.
À mes chers frères et sœurs.
À mon mari, et à ma belle famille.
À mes nièces et mes neveux.
À toute ma famille.
Et tous mes amis et collègues.

Remerciement

Tout d'abord, je tiens à remercier notre Dieu Tout Puissant pour m'avoir éclairci le chemin de ce travail.

Je tiens à remercier très sincèrement toutes les personnes qui, par leurs conseils et leurs encouragements ont contribué à l'aboutissement de ma thèse de doctorat : En premier lieu, je tiens à exprimer ma profonde reconnaissance à mon directeur de thèse, Monsieur le Professeur **Kazar Okba** pour m'avoir accueilli au sein de son équipe de recherche et du laboratoire LINFI et également pour m'avoir fait bénéficier de vos connaissances.

J'adresse également mes remerciements les plus chaleureux à Monsieur **Juan Carlos Augusto** , Professeur à l'université de Middlesex London, Royaume Uni, pour sa disponibilité, ses contributions, ses encouragements, sa générosité, et ses précieux conseils et orientations.

Je veux également remercier tous les membres de jury : **Pr. Khaled REZEG**, professeur à l'Université de Biskra, pour m'avoir fait l'honneur de présider mon jury de thèse, ainsi que **Pr. Saber BENHARZALLAH** , Professeur à l'Université de Batna 2, **Pr. Rachid SEGHIR**, Professeur à l'Université de Batna 2, **Dr. Djamel NESSAH** (MCA) Université de Khenchela, **Dr. Houcine BELOUAR** (MCA) Université de Biskra ; pour m'avoir fait l'honneur d'accepter de juger ce travail et l'intérêt qu'ils ont porté à mon travail.

Mes derniers remerciements vont à tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin au déroulement de mon travail. Je tiens à vous exprimer ma plus profonde gratitude.

Khamssa CHOUCANE

Résumé

Le développement rapide des réseaux sans fil et des technologies mobiles a joué un rôle important dans l'évolution de la vie quotidienne. La technologie mobile et ses services facilitent la communication et le contact entre les personnes, quel que soit le lieu où ils se trouvent. Les appareils portables d'aujourd'hui peuvent être utilisés pour accéder et gérer de nombreux types de données, d'un simple texte à des dossiers multimédias plus complexes. On peut affirmer que les environnements éducatifs ne se limitent pas aux écoles ou aux universités. Avec l'utilisation de la technologie au sein des systèmes éducatifs, les moyens d'accès à l'information ont changé et de nouveaux concepts tels que l'apprentissage mobile ont émergé. Ceci dit, ce nouveau paradigme d'apprentissage soulève de nombreux défis auxquels les chercheurs sont confrontés pour assurer l'accessibilité à tous les étudiants, suivre le rythme inouï de la technologie, des préférences et du contexte d'apprentissage.

L'objectif de cette thèse est de concevoir un système d'apprentissage plus adapté et de le mettre en œuvre en se basant sur des agents qui prennent en charge la sensibilisation au contexte et le contenu d'apprentissage personnalisé à l'aide du Cloud Computing. Le système fournit un contenu d'apprentissage dispensé par le biais d'appareils mobiles et adapté aux préférences et au style d'apprentissage de l'apprenant, et ceci dans le but d'augmenter la satisfaction de l'apprenant et faciliter la réussite de l'apprentissage. Le système comprend des avantages des applications mobiles, des systèmes multi-agents, de la sensibilité au contexte, de la personnalisation pédagogique et du Cloud Computing. La prise en charge de la sensibilisation au contexte et de la personnalisation est essentielle dans les systèmes d'apprentissage mobiles, afin qu'ils puissent améliorer l'efficacité de l'apprentissage et rendre l'apprentissage pertinent d'un point de vue contextuel. Les agents sont habitués à bénéficier de leurs avantages qu'ils soient autonomes, réactifs, proactifs et sociaux. Les ressources informatiques peuvent être partagées entre plusieurs ordinateurs sur un réseau ; par conséquent, seul l'agent de contexte de l'apprenant doit être installé sur les appareils mobiles de l'apprenant. Le Cloud Computing permet aux apprenants d'accéder au contenu d'apprentissage dans tous les lieux où la connexion Internet est disponible. Le système a été mis en œuvre et testé avec des étudiants du département d'in-

formatique de l'Université de Middlesex, Londres, Royaume-Uni, ainsi qu'avec des étudiants du département des sciences et technologies de l'Université de Tébessa, Algérie. Les résultats expérimentaux démontrent l'utilité et l'efficacité de notre système dans la pratique. Les étudiants ont convenu que le matériel de cours présent sur leur 'smart phones' est très clair, le matériel d'apprentissage recommandé par le système est très pertinent dans leur contexte, et le système d'apprentissage mobile sensible au contexte proposé est très pratique. Ce dernier représente un outil d'apprentissage utile pour aider le processus d'apprentissage et cela peut promouvoir leurs intérêts d'apprentissage.

Mots-clés : Apprentissage mobile, M-learning, Apprentissage adaptatif, Apprentissage personnalisé, Sensibilisation au contexte, Système multi-agents, Cloud Computing, Style d'apprentissage.

Abstract

The rapid development of wireless networks and mobile technologies has played a significant role in the evolution of everyday life. Mobile technology and its services make it easier for people to communicate and connect with each other, regardless of their physical location. Today's hand-held devices can be used to access and manage many types of data, from text to multimedia streams. It can be argued that educational environments are not limited to schools or universities. With the use of technology in education systems, the means of access to information have changed, and concepts such as Mobile Learning have emerged. However, this new learning paradigm raises many challenges, which researchers are facing in ensuring accessibility for all students, keeping up with the increasingly rapid pace of technological profile, preferences and learning context.

The objective of this thesis is to design and implement an Agent based Mobile Learning system that supports context-awareness and personalised learning content using Cloud Computing. The system provides learning content delivered via mobile devices and tailored to the learner's preferences and learning style, to increase learner satisfaction and facilitate learning success. The system integrates the advantages of mobile applications, Multi agent systems, context-awareness, pedagogical personalisation and Cloud Computing. The support for context-awareness and personalisation is essential in Mobile learning systems, so that they can improve learning efficiency and make learning contextually relevant. Agents are used to benefit from their advantages such as autonomous, reactive, proactive, and social. Computational resources may be shared amongst several computers over a network, hence only the Learner context agent needs to be installed on the learner's mobile devices. Cloud Computing allows learners access to the learning content wherever there's an internet connection.

The system was implemented and tested with students from the Computer Science department at the University of Middlesex, London, United Kingdom, as well as with student of the

department of Sciences and Technology at the University of Tebessa, Algeria. The experimental results demonstrate the usefulness and effectiveness of our system in practice. The students agreed that the course material presented on their smart phones is very clear and that the learning material recommended by the system is very relevant in their context, and that the proposed context-aware Mobile Learning system is very practical and a useful learning tool to assist their learning process and it can promote their learning interests.

Key-words : Mobile Learning, M-learning, Adaptive Learning, Personalised Learning, Context-awareness, Multi-agent System, Cloud Computing, Learning Style.

ملخص

لعب التطور السريع للشبكات اللاسلكية والتقنيات المتنقلة دورًا مهمًا في تطور الحياة اليومية. تسهل تكنولوجيا الهاتف المحمول وخدماتها على الأشخاص التواصل والتواصل مع بعضهم البعض، بغض النظر عن موقعهم الفعلي. يمكن استخدام الأجهزة المحمولة اليوم للوصول إلى العديد من أنواع البيانات وإدارتها، من النص إلى تدفقات الوسائط المتعددة. يمكن القول أن البيئات التعليمية لا تقتصر على المدارس أو الجامعات. مع استخدام التكنولوجيا في أنظمة التعليم، تغيرت وسائل الوصول إلى المعلومات، وظهرت مفاهيم مثل التعلم المتنقل. ومع ذلك، فإن نموذج التعلم الجديد هذا يؤثر العديد من التحديات، التي يواجهها الباحثون في ضمان إمكانية الوصول لجميع الطلاب، ومواكبة التغيرات السريعة بشكل متزايد للملف التكنولوجي والتفضيلات وسياق التعلم.

الهدف من هذه الرسالة هو تصميم وتنفيذ نظام التعلم المتنقل القائم على الوكيل الذي يدعم الوعي بالسياق ومحتوى التعلم المخصص باستخدام الحوسبة السحابية. يوفر النظام محتوى تعليميًا يتم تسليمه عبر الأجهزة المحمولة ومصممًا وفقًا لتفضيلات المتعلم وأسلوب التعلم، لزيادة رضا المتعلم وتسهيل نجاح التعلم. يدمج النظام مزايا تطبيقات الهاتف المحمول وأنظمة الوكلاء المتعددة والوعي بالسياق والتخصيص التربوي والحوسبة السحابية. يعد دعم الوعي بالسياق والتخصيص أمرًا ضروريًا في أنظمة التعلم المتنقلة، حتى تتمكن من تحسين كفاءة التعلم وجعل التعلم وثيق الصلة بالسياق. يتم استخدام الوكلاء لاستفادة من مزاياهم مثل الاستقلالية والتفاعلية والامتثالية والاجتماعية. يمكن مشاركة الموارد الحاسوبية بين العديد من أجهزة الكمبيوتر عبر شبكة، ومن ثم يجب تثبيت وكيل سياق المتعلم فقط على الأجهزة المحمولة الخاصة بالمتعلم. تتيح الحوسبة السحابية للمتعلمين الوصول إلى محتوى التعلم أينما كان هناك اتصال بالإنترنت.

تم تنفيذ النظام واختباره مع طلاب من قسم علوم الكمبيوتر في جامعة ميدلسكس، لندن، المملكة المتحدة، وكذلك مع طلاب قسم العلوم والتكنولوجيا في جامعة تيسه، الجزائر. تظهر النتائج التجريبية فائدة وفعالية نظامنا في الممارسة. اتفق الطلاب على أن مادة الدورة المقدمة على هواتفهم الذكية واضحة جدًا وأن المواد التعليمية الموصى بها من قبل النظام وثيقة الصلة جدًا بسياقهم، وأن نظام التعلم المتنقل المدرك للسياق المقترح عملي جدًا وأداة تعليمية مفيدة تساعد في عملية التعلم الخاصة بهم ويمكن أن تعزز اهتماماتهم التعليمية.

الكلمات المفتاحية: التعلم المتنقل، التعلم الإلكتروني، التعلم التكميلي، التعلم المخصص، الوعي بالسياق، النظام متعدد العوامل، الحوسبة السحابية، أسلوب التعلم.

Table des matières

Introduction générale	I
I Apprentissage Mobile	1
I.1 Introduction	1
I.2 E-learning (Apprentissage en ligne)	2
I.3 M-learning Vs. E-learning	3
I.4 Définitions de l'apprentissage mobile	5
I.5 Technologie Mobile	7
I.6 L'apprentissage mobile pendant le confinement lié au Covid-19	9
I.7 Avantages de l'apprentissage mobile	10
I.8 Les inconvénients de l'apprentissage mobile	11
I.9 Caractéristiques de l'apprentissage mobile	12
I.10 Classification de l'apprentissage mobile	14
I.11 Conclusion	18
II L'Apprentissage Mobile et la Sensibilité au contexte	19
II.1 Introduction	19
II.2 Le contexte et la sensibilité au contexte (context-awareness)	20
II.3 Les Contextes d'Apprentissage	22
II.4 Le déploiement de contextes d'apprentissage dans les applications du M-learning	24
II.5 L'adaptation et la sensibilité au contexte	26
II.5.1 L'adaptation de l'apprentissage	26
II.5.2 Apprentissage mobile adaptatif et sensible au contexte	27
II.6 Styles d'apprentissage	28
II.7 Les objets d'apprentissage et leurs applications	29

II.7.1	Avantages des objets d'apprentissage	29
II.8	Synthèse des systèmes d'apprentissage mobile sensibles au contexte	30
II.9	Conclusion	38
III	Apprentissage Mobile dans le Cloud Computing et les Systèmes d'Appren-	
	tissage Mobile à base d'Agents	39
III.1	Introduction	39
III.2	Cloud Computing	40
III.2.1	Définition du Cloud Computing	40
III.2.2	Caractéristiques du Cloud Computing	41
III.2.3	Modèles de services	41
III.2.4	Modèles de mise en œuvre	43
III.2.5	Intégration du Cloud Computing dans l'apprentissage mobile	43
III.2.6	Les systèmes d'apprentissage mobile basé sur le Cloud Computing	45
III.2.7	Les Inconvénients de Cloud Computing	47
III.3	La technologie agent	47
III.3.1	Les agents	47
III.3.2	Les Systèmes Multi-Agents	48
III.3.3	Les systèmes d'apprentissage mobile à base d'agents	49
III.4	Conclusion	50
IV	Architecture du Système d'apprentissage Mobile Sensible au contexte Adap-	
	tatif à base d'Agents dans le Cloud Computing	52
IV.1	Introduction	52
IV.2	L'architecture proposée	53
IV.2.1	L'agent de contexte d'apprenant (Learner Context Agent)	53
IV.2.2	La couche d'interface et de communication (Interface and Communication Layer)	53
IV.2.2.1	Agent d'interface (Interface Agent)	54
IV.2.2.2	Agent Communication	56
IV.2.3	La couche de décision (Decision Layer)	56
IV.2.3.1	Feedback Agent	56
IV.2.3.2	Agent de profile (Profile Agent)	57

IV.2.4	La couche de contexte (Context Layer)	57
IV.2.4.1	L'agent d'analyse de contexte (Context Analysing Agent) . . .	57
IV.2.4.2	Agent de l'adaptation de contexte (Context Adaptation Agent)	58
IV.2.5	La couche de l'adaptation (Adaptation Layer)	58
IV.2.5.1	Learning Content Adaptation Agent	58
IV.2.5.2	Learning Style Adaptation Agent	59
IV.2.6	Data Layer	59
IV.2.7	Communication entre les Agents	59
IV.3	Les diagrammes de class et de séquence	60
IV.4	Profil de l'apprenant	67
IV.4.1	Les facteurs comportementaux	69
IV.4.2	Facteurs liés aux connaissances	69
IV.5	Conclusion	70
V	Implémentation et Validation du Système	71
V.1	Introduction	71
V.2	Outils de développement	72
V.2.1	Plateforme JADE	72
V.2.1.1	Les agents dans JADE	74
V.2.1.2	Plateforme Jade-LEAP	74
V.2.2	J2ME	75
V.2.3	Le Cloud AWS	76
V.3	Questionnaire sur le contexte en Mobile Learning : le point de vue des apprenants	76
V.3.1	Procédure	77
V.3.2	Résultats	77
V.4	Présentation de l'application mobile	80
V.4.1	Test des messages du scénario de connexion	91
V.4.2	Test des messages du scénario de demande de cours	91
V.5	La validation et l'évaluation du système	92
V.6	Conclusion	98
	Conclusions Générales	99

A	Questionnaire 1	i
B	Pre-test Questionnaire utilisé dans la validation de système	iii
C	Post-test Questionnaire utilisé dans la validation de système	v
D	Les questions utilisées pour évaluer l'apprenant dans l'application mobile MLCyborg	viii

Liste des figures

I.1	Position de l'apprentissage mobile dans le cadre de l'apprentissage en ligne et de l'apprentissage à distance.	3
I.2	Le sous-ensemble de l'apprentissage flexible	4
I.3	Le nombre d'utilisateurs mobiles dans le monde (2016-2028)	7
I.4	Les caractéristiques de l'apprentissage mobile	14
I.5	Une classification de l'apprentissage mobile	15
I.6	Les catégories de l'apprentissage selon le contexte	18
II.1	Structure tripartite des systèmes d'apprentissage adaptatifs	27
III.1	L'architecture du Cloud Computing	42
III.2	Architecture de système proposé dans (L. Esmahi et E. Badidi, 2004 [205]) . . .	50
IV.1	Architecture proposée du MLS	55
IV.2	Diagramme de class du système.	61
IV.3	Diagramme d'activité du système.	62
IV.4	Diagramme de séquence UML de scénario 1	64
IV.5	Diagramme de séquence UML de scénario 2	65
IV.6	Diagramme de séquence UML de scénario 3	66
IV.7	Diagramme de séquence UML de scénario 4	68
V.1	Interface graphique de la plate-forme JADE.	72
V.2	Plateformes et Container de JADE	73
V.3	L'environnement d'exécution de JADE-LEAP	74
V.4	L'endroit préféré des étudiants pour étudier (maison ou salle de classe)	77
V.5	La technologie de communication préférée des étudiants	78

V.6	Opinion des étudiants sur l'utilisation de leurs préférences personnelles pour personnaliser le contenu d'apprentissage	78
V.7	Comprendre quel contexte d'apprentissage est important pour les élèves	79
V.8	La fenêtre d'accueil de l'application	81
V.9	La fenêtre de l'inscription de l'apprenant	81
V.10	Exemples de résultat du questionnaire ILS	82
V.11	Les fenêtres du questionnaire ILS	83
V.12	La fenêtre de lancement de cours	84
V.13	Exemples des cours adaptés	85
V.14	Exemples de l'évaluation de l'apprenant	86
V.15	Exemples de contenu de LO utilisé dans l'application mobile	87
V.16	Exemples de contenu de LO utilisé dans l'application mobile	88
V.17	Des exemples de la façon dont les résultats de l'algorithme camf_cuci appliqués dans notre système.	90
V.18	Les messages échangés dans le processus de connexion	91
V.19	Les messages échangés dans le processus de demande de cours	92
V.20	La page d'accueil du site web pour la validation de notre système.	93
V.21	La page Web de validation avec les quatre étapes du processus de validation	93
V.22	Style d'apprentissage des participants selon le questionnaire sur le style d'apprentissage.	95
V.23	Les réponses des étudiants à la question "How much are you interested in the domain of Cyborgs ?", le questionnaire pré-test en haut, et le questionnaire post-test en bas	97
V.24	Les réponses des étudiants à la question "How well did you understand the Cyborg course ?" dans le questionnaire post-test	97

Liste des tableaux

II.1	Les six dimensions des contextes de Wang dans l'apprentissage mobile.	23
II.2	Le modèle Felder et Silverman LS	29
II.3	Comparatif des architectures de l'apprentissage mobile sensibles au contexte selon le contexte mobile	32
II.4	Comparatif des architectures de l'apprentissage mobile sensibles au contexte selon le contexte d'apprentissage	33
IV.1	Les styles d'apprentissage et les types de ressource d'apprentissage appropriés .	70
V.1	Les scores des réponses de chaque contexte d'apprentissage	79
V.2	Résultats des réponses des étudiants de pré-test questionnaire.	94
V.3	Résultats des réponses des étudiants de post-test questionnaire	96

Abréviations

- ACC : Canal de Communication entre Agents.
- AMS : Système de Gestion d'Agents.
- API : Interface de Programmation d'Application.
- AWS : Amazon Web Service.
- CAMF_CUCI : Context-Aware Matrix Factorization Context-User Context-Item.
- CARSKit : Context-Aware Recommender Systems Kit.
- CC : Cloud Computing.
- Code QR : Quick Response Code.
- COVID-19 : Coronavirus Disease 2019.
- DF : Directory Facilitator.
- D-learning : Apprentissage à Distance.
- EC2 : Elastic Compute Cloud.
- E-Learning : Apprentissage électronique.
- HCI : Interaction Homme-Machine.
- IrDA : Infrared Data Association.
- LEAP : Lightweight and Extensible Agent Platform.
- LMS : Système de Gestion de l'Apprentissage.
- LO : Learning Object.
- LS : Style d'Apprentissage.
- MAS : Systèmes Multi-Agents.
- MCC : Mobile Cloud Computing.
- MITS : Intelligent Tutoring System.
- M-Learning : Apprentissage Mobile.
- MLT : Mobile Learning Technology.
- OE : Outils d'Enseignement.
- RFID : Identification par RadioFréquence.
- SCORM : Shareable Content Object Reference Model.
- TIC : Technologies de l'Information et de la Communication.
- UML : Unified Modeling Language.
- UTAUT : Théorie Unifiée de l'Acceptation et de l'Utilisation de la Technologie.
- WURFL : Wireless Universal Resource FiLe.

Introduction Générale

Contexte

La révolution numérique d'aujourd'hui a fait entrer l'éducation dans une ère totalement nouvelle où l'enseignement et l'apprentissage se déroulent non seulement dans les facultés, mais dans les foyers et au sein du point géographique. L'apprentissage électronique offre la flexibilité nécessaire pour tirer parti de la capacité des technologies à créer l'expertise pédagogique la plus pratique et la plus agréable. Aujourd'hui on a tendance à l'unité de zone qui assiste à l'émergence d'une société connectée, mobile, avec un éventail de sources de données et entendons celle de la communication sur le marché en tout lieu. Dans ce contexte, les technologies mobiles sans fil sont également adoptées dans les domaines universitaires. L'apprentissage mobile (Mobile Learning ou M-learning) n'est pas seulement une question d'apprentissage ou de qualité, mais une construction complètement différente, qui fait partie d'une nouvelle conception de la qualité d'une société connectée.

La récente pandémie de maladie à coronavirus 2019 (COVID-19) a poussé presque toutes les institutions à adopter l'éducation en ligne et virtuelle. Les systèmes d'apprentissage mobile sont devenus essentiels pour atteindre les objectifs d'apprentissage avec succès pendant la pandémie de COVID-19 [1]. Selon la littérature, l'apprentissage mobile a été accepté comme un système d'enseignement et d'apprentissage efficace [2], notamment parce qu'il permet de mener le processus d'éducation à tout moment et de n'importe où avec n'importe qui [3]. Les étudiants peuvent accéder à des documents à jour via l'apprentissage mobile, ce qui favorise la collaboration et renforce leur engagement. De plus, comme les appareils mobiles sont faciles à transporter, il est facile pour leurs propriétaires de rester connectés et d'obtenir à tout moment un large éventail de sources éducatives et d'informations [4]. La technologie d'aujourd'hui permet aux utilisateurs de détenir un grand nombre de ressources dans leurs poches et d'y accéder là où ils le souhaitent, de manière à exploiter des appareils mobiles tels que des PC, de bons téléphones et des appareils portables. Alors que les possibilités offertes par l'utilisation d'appareils mobiles pour le M-learning sont totalement nouvelles, les défis liés aux petits écrans, à la puissance de traitement limitée, aux capacités de saisie, aux ressources et à la faible capacité de mémoire, etc. sont toujours d'actualité. Avec l'explosion et à la montée en puissance d'Internet, des réseaux mobiles, des applications mobiles et du Cloud Computing, l'apprentissage mobile

basé sur le Cloud est présenté comme une technologie possible pour les appareils mobiles [5]. Au fur et à mesure que les infrastructures de réseau mobile s'améliorent, leur transmission d'informations devient de plus en plus accessible et bon marché, et elles deviennent donc des acheteurs à la mode pour utiliser toutes les applications basées sur Internet. Le Cloud Computing n'est rien d'autre que la fourniture de services de différents fournisseurs de Cloud, de logiciels et de capacités de processus sur le Web, réduisant la valeur, augmentant l'automatisation des systèmes, réduisant le couplage entre la fourniture de services à partir d'une technologie donnée et offrant flexibilité et qualité des connaissances. Partout où les apprenants mobiles obtiendront les informations à partir de ressources partagées centralisées en tout lieu et à tout moment. Par rapport au modèle client-serveur traditionnel, dans le Cloud Computing, les services et les ressources ne peuvent pas être hérités d'un pool appelé Cloud. Le Cloud représente et cache les serveurs particuliers. D'un point de vue simple, l'apprentissage mobile basé sur le Cloud est souvent considéré comme une infrastructure où les informations et les processus peuvent se produire en dehors de l'appareil mobile, permettant de nouveaux types d'applications telles que les réseaux sociaux mobiles sensibles au contexte. Par conséquent, plusieurs applications Cloud mobiles ne se limitent pas aux bons téléphones puissants, mais à un large éventail de téléphones mobiles moins avancés et donc à une section d'abonnés beaucoup plus importante [6].

L'apprentissage mobile se distingue « par des changements rapides et continus de contexte, au fur et à mesure que l'apprenant se déplace entre les lieux et rencontre des ressources, des services et des co-apprenants localisés » [7], et ces différentes situations sont décrites par différents contextes d'apprentissage [8]. La diversité des technologies mobiles et sans fil et la nature de la dynamique dans les environnements mobiles compliquent la prise en compte du contexte. L'apprentissage mobile sensible au contexte est devenu de plus en plus important en raison des paramètres d'apprentissage dynamiques et en constante évolution dans l'environnement d'apprentissage mobile de l'apprenant, ce qui donne lieu à de nombreux contextes d'apprentissage différents. Le défi consiste à exploiter l'évolution de l'environnement avec une nouvelle classe d'applications d'apprentissage capables de s'adapter en conséquence aux situations d'apprentissage dynamiques. La tâche d'une application d'apprentissage mobile sensible au contexte est de détecter l'environnement mobile et de réagir/s'adapter au contexte changeant au cours du processus d'apprentissage d'un élève [7].

Le contexte est une clé dans la conception de systèmes d'apprentissage mobiles plus adaptatifs et la sensibilisation au contexte doit être intégrée dans les systèmes pour qu'ils soient vraiment efficaces.

Problématique et Objectifs

Aujourd'hui, le nombre de personnes utilisant des téléphones cellulaires est supérieur à celui des utilisateurs de PC. Cela s'explique principalement par le fait que les téléphones mobiles, en particulier les téléphones intelligents et les tablettes, peuvent exécuter la plupart des fonctions précédemment associées aux PC. En dehors des télécommunications ; les appareils mobiles peuvent être utilisés pour déployer du matériel pédagogique. L'utilisabilité de ces dispositifs est un aspect important de la recherche dans le domaine de l'apprentissage mobile. Par conséquent, lors de la création de supports d'apprentissage pour les appareils mobiles, nous devons prendre en compte certains facteurs, tels que la variété des technologies, les capacités d'apprentissage et les aptitudes linguistiques. Cependant, les appareils mobiles sont confrontés à de nombreux défis dans leurs ressources (par exemple, la durée de vie de la batterie, le stockage et la bande passante) et les communications (par exemple, la mobilité et la sécurité). Les ressources limitées entravent considérablement l'amélioration des qualités de service. Les applications d'apprentissage mobiles traditionnelles ont des limites en matière de ressources pédagogiques. Des applications d'apprentissage mobile basées sur le Cloud sont introduites pour surmonter ces limitations. La technologie Cloud Computing a apporté de grandes opportunités à ces environnements d'apprentissage technologique. L'intégration de la technologie d'apprentissage mobile et de Cloud Computing conduit à améliorer le système M-Learning. L'apprentissage mobile dans le Cloud a un impact positif sur le processus d'apprentissage. Le Cloud Computing permet aux apprenants d'acquérir plus facilement des connaissances via leur appareil mobile sans se soucier des autres capacités matérielles. L'apprentissage mobile utilisant le Cloud Computing améliorera le système d'éducation actuel et réduira les coûts. L'utilisation du Cloud Computing dans l'apprentissage mobile éliminera la faiblesse des appareils portables mobiles (ressource matérielle et logicielle). Le Cloud Computing offre de nombreuses opportunités pour améliorer le système actuel de M-Learning par le biais de l'accessibilité et de la qualité de service. À l'avenir, l'informatique en nuage deviendra l'environnement et la plate-forme de base pour soutenir l'amélioration du système d'apprentissage mobile grâce aux services en nuage.

Dans le contexte de l'apprentissage mobile, il est utile de considérer la sensibilisation au contexte et l'adaptabilité comme les deux faces d'une même pièce [9]. Le but de l'adaptabilité et de la sensibilisation au contexte est de fournir un meilleur soutien à une variété d'apprenants, étant donné qu'ils peuvent avoir des compétences et des motivations très différentes pour apprendre dans des contextes variés. L'adaptabilité peut être une forme d'adaptation ; ou comme qualité d'un système pour réguler et organiser automatiquement et de manière autonome son fonctionnement, l'apparence de son interface utilisateur et l'ordre des informations qu'il propose.

L'objectif principal de cette thèse est de concevoir une nouvelle architecture pour les plateformes d'apprentissage mobile basées sur le Cloud Computing, qui fait face aux limites des

environnements de l'apprentissage mobile dévoilées précédemment. Dans cette thèse on va essayer de combler le vide qui existe pour accroître l'utilisabilité du M-learning en répondant à un certain nombre de questions de recherche :

- Le Cloud Computing et la sensibilité au contexte augmentent-elles la convivialité du M-learning et améliorent-elles l'expérience des apprenants ?
- L'architecture proposée peut-il servir de ligne directrice lors de la conception et du développement des applications mobiles ?

En répondant aux questions de recherche ci-dessus, une architecture pour augmenter la convivialité de l'apprentissage mobile a été créé, exécuté et testé concernant un modèle de système d'apprentissage mobile pour les téléphones mobiles.

En conséquence, de nombreux objectifs de recherche importants voient le jour :

- Étudier l'effet du Cloud Computing et de la sensibilisation au contexte sur leur utilisabilité dans un environnement d'apprentissage mobile et la gamme d'amélioration de l'expertise des utilisateurs.
- Étudiez les exigences des apprenants lorsqu'ils apprennent dans un environnement d'apprentissage mobile.
- Étudier l'efficacité du système proposé et son effet sur l'utilisabilité de l'application mobile.

Structure de la thèse

Cette thèse est organisée en cinq chapitres. On a choisi d'introduire notre thèse par un chapitre qui présente les concepts liés à l'apprentissage mobile suivi par un deuxième chapitre qui représente un état de l'art des systèmes d'apprentissage mobile sensibles au contexte. Le troisième chapitre qui est un survol sur les travaux donnés dans la littérature en présentant des approches et des plateformes représentatifs de l'apprentissage mobiles basés sur le Cloud Computing et les systèmes d'apprentissage mobiles basée agents, dans le but de comparaison des différentes conceptions et des différentes techniques mises en œuvre, et dans lesquelles nous avons cherché des inspirations. Une vue conceptuelle de notre système est décrite dans le quatrième chapitre, ce chapitre présente notre contribution qui est une approche à base d'agents adaptatif et sensible au contexte pour un système d'apprentissage mobile dans le Cloud Computing. Le cinquième chapitre présente l'implémentation ainsi que les résultats des tests de la validation et l'évaluation du système proposé et de l'application mobile. Nous terminons notre thèse par une conclusion générale, d'autre part nous n'oublions pas de signaler les perspectives possibles à ce travail.

Chapitre I

Apprentissage Mobile

I.1 Introduction

Le domaine de recherche de l'apprentissage mobile (« Mobile Learning » ci-après abrégé en M-learning) a fait son apparition il y a une dizaine d'années. L'une des premières définitions de l'apprentissage mobile était "l'apprentissage en ligne via des appareils informatiques mobiles" [10], où le matériel d'apprentissage électronique était simplement transféré sur des appareils mobiles à des fins d'apprentissage. De nombreux autres chercheurs considéraient également le M-learning comme une extension du E-learning [11]. Les types d'appareils mobiles concernés par le M-learning comprenaient les PDA, les ordinateurs de poche, les téléphones intelligents, les téléphones portables et parfois les ordinateurs portables. En d'autres termes, le M-learning était fondamentalement l'utilisation d'appareils mobiles équipés de matériel d'apprentissage (stocké hors ligne ou accessible en ligne) pour apprendre/étudier. La portabilité de ces appareils a permis de créer des opportunités d'apprentissage à tout moment, n'importe où et a supprimé les restrictions imposées aux apprenants pour apprendre/étudier dans des lieux fixes (tels que des salles de classe, des laboratoires informatiques et des bibliothèques). Ces deux aspects ont formé les bases de motivation initiales pour l'apprentissage mobile et par la suite une grande quantité d'informations a été construite qui pourrait être accessible par les apprenants à tout moment, n'importe où.

Ce chapitre présente le contexte des recherches menées dans le cadre de cette thèse. Nous allons présenter l'apprentissage mobile dans sa généralité, en commençant par les différents aspects contribuant à son émergence. Dans un premier temps, le chapitre introduit le concept de E-learning, une comparaison du E-learning et du M-learning. Nous allons présenter ensuite la technologie mobile, les définitions importantes, ainsi que les avantages et les limites du M-learning. Enfin, nous allons discuter les éléments de base de l'apprentissage mobile et quelques aspects de base, pour caractériser le domaine de l'apprentissage mobile. Une justification de la

recherche et un résumé du chapitre sont également fournis dans la conclusion.

I.2 E-learning (Apprentissage en ligne)

L'apprentissage en ligne ou l'apprentissage électronique est devenu de plus en plus important dans les établissements d'enseignement supérieur. De nombreux instituts et universités utilisent l'apprentissage en ligne dans différents domaines d'études pour faciliter l'enseignement et l'apprentissage [12]. Le système d'enseignement et d'apprentissage en ligne (E-learning) s'est généralisé en raison des nombreux avantages de cette technologie. L'apprentissage en ligne peut fonctionner soit comme un système distinct, soit dans le cadre d'un système d'apprentissage mixte (c'est-à-dire un système d'apprentissage en ligne avec un apprentissage traditionnel) [13]. En outre, l'apprentissage en ligne aide les universités à proposer des programmes d'enseignement à distance. Il s'agit d'une activité d'apprentissage formel, qui peut avoir lieu lorsque les apprenants et les instructeurs sont isolés par la distance géographique ou par le temps [14].

Il existe différentes définitions de l'apprentissage en ligne dans la littérature précédente. Dans [15], Trifonova et Ronchetti (2003) [16] ont défini l'apprentissage en ligne comme un type d'apprentissage soutenu par les TIC (Technologies de l'Information et de la Communication). L'apprentissage en ligne est alors défini, dans [16], comme un apprentissage amélioré par la technologie. Rosenberg (2001) [17] l'a défini comme l'utilisation des technologies Internet pour fournir un large éventail de solutions qui améliorent les connaissances et les performances. Une autre définition de l'apprentissage en ligne, similaire à celle de Rosenberg (2001) a été suggérée par Clark et Mayer (2003) [18], comme une formation dispensée sur un ordinateur utilisant des CD, des DVD et la communication Internet pour soutenir l'enseignement et l'apprentissage institutionnels.

L'apprentissage en ligne peut être défini comme un apprentissage à distance ou un apprentissage combiné à des dispositifs électroniques [19] permettant aux apprenants d'apprendre ou d'étudier à tout moment, en tout lieu [20] et peut être efficace pour prendre en charge différents modes de livraison [21]. Motiwalla (2007) [22] a déclaré que l'apprentissage électronique était devenu centré sur l'apprenant. Welsh et al. (2003) [23] ont défini l'apprentissage en ligne comme un apprentissage utilisant la technologie des réseaux informatiques, (un Intranet ou Internet) afin de transférer des données, des informations et des instructions à des personnes (individus).

L'apprentissage en ligne comprend plus que des outils de communication Internet ; cela dépend d'un système de gestion de l'apprentissage (LMS) tel que Blackboard et Moodle. Dans un contexte universitaire, ce système permet aux étudiants d'apprendre sur le campus et hors campus. Hadjiathanasiou (2009) [24] a indiqué que l'apprentissage en ligne peut avoir lieu sur les campus des universités, à domicile et sur le lieu de travail ; il n'est pas limité à un emplacement fixe.

I.3 M-learning Vs. E-learning

La revue de la littérature a identifié certaines différences entre l'apprentissage en ligne et l'apprentissage mobile en ce qui concerne la technologie, l'accès des apprenants et le mode de communication. De plus, certaines comparaisons impliquent l'apprentissage à distance (D-learning) ([25] ; [26] ; [27]).

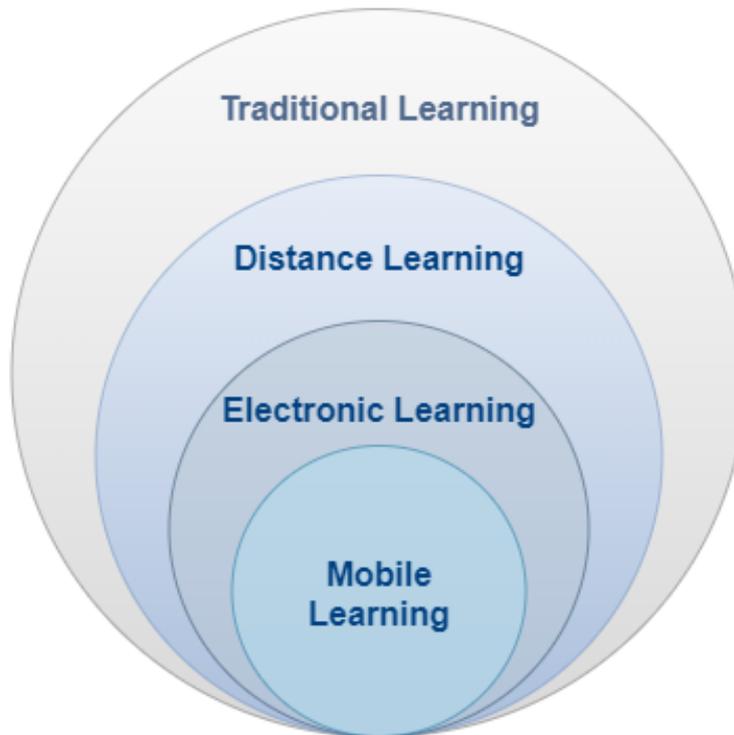


Figure I.1 – Position de l'apprentissage mobile dans le cadre de l'apprentissage en ligne et de l'apprentissage à distance.

(Adapté de [26])

La figure I.1 montre la position de l'apprentissage mobile. On peut expliquer que l'apprentissage traditionnel consiste à apprendre dans les salles de classe où les enseignants utilisent des manuels et du matériel d'apprentissage pour les élèves. L'apprentissage à distance est un apprentissage sans interaction en face à face avec les enseignants en classe. L'apprentissage électronique est offert comme une nouvelle approche d'apprentissage à distance en utilisant les technologies informatiques et Internet. Cette recherche porte sur l'apprentissage mobile qui fait partie de l'apprentissage en ligne et de l'apprentissage à distance. L'apprentissage mobile est basé sur des appareils mobiles, une connexion Internet sans fil et est disponible à tout moment et en tout lieu, ce qui réduit les limites de l'apprentissage traditionnel, de l'apprentissage à distance et de l'apprentissage électronique ([28] ; [26]).

Georgiev et al. (2004) [26] ont supposé que l'apprentissage mobile était un sous-ensemble de l'apprentissage en ligne, comme le montre la figure I.2, où l'apprentissage en ligne est un sous-

ensemble de l'apprentissage à distance. Par conséquent, toute activité d'apprentissage mobile est une activité d'apprentissage en ligne, et toute activité d'apprentissage en ligne est à son tour une activité d'apprentissage à distance. Brown (2003) [25] a proposé un diagramme pour l'apprentissage flexible montrant la relation entre le M-learning, Online Learning et le E-learning dans le vaste contexte de l'apprentissage à distance et de l'apprentissage flexible, comme le montre la figure I.2.

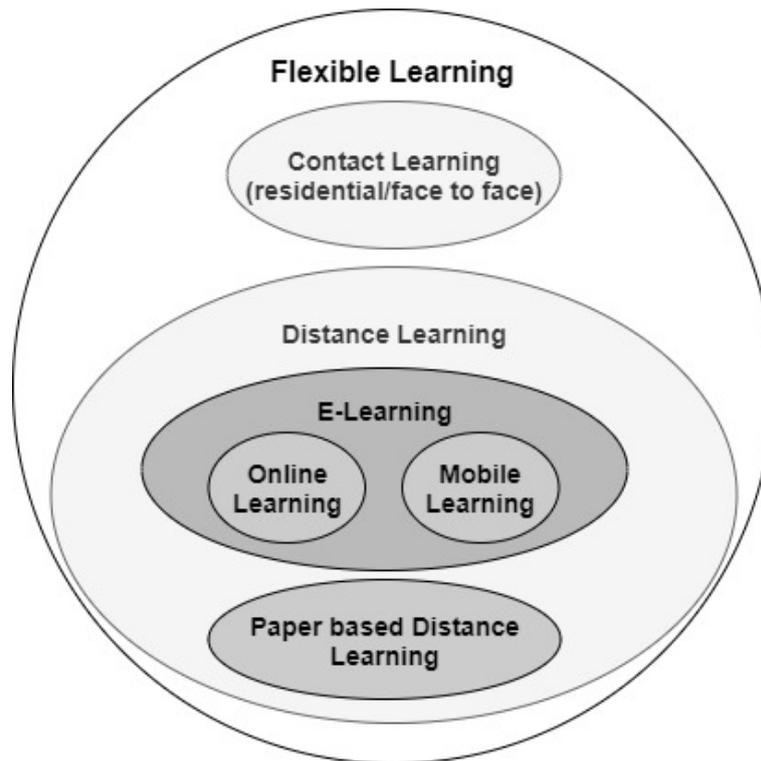


Figure I.2 – Le sous-ensemble de l'apprentissage flexible [25].

La figure I.2 montre que le E-learning est un sous-ensemble du D-learning, et que le M-learning et l'apprentissage en ligne sont des sous-ensembles de du E-learning. Cependant, il n'y a pas d'intersection entre le M-learning et l'apprentissage en ligne. Cela signifie qu'il s'agit de parties indépendantes du E-learning. De plus, la figure indique que le E-learning est un sous-ensemble de l'apprentissage à distance, mais pas un sous-ensemble de l'apprentissage présentiel. Khaddage et al. (2009) [29] ont observé que même si cette hypothèse était généralement vraie pour de nombreux environnements d'apprentissage dans le passé, le M-learning peut désormais fournir une localisation et permettre l'accès au contenu d'apprentissage à tout moment et en tout lieu.

I.4 Définitions de l'apprentissage mobile

Dans la littérature, le concept de « M-learning a été défini de plusieurs manières compte tenu de sa portée et son mode de fonctionnement. Quelques définitions seront présentées rapidement dans une tentative de consensus. , nous parcourons ci-après rapidement quelques définitions dans la littérature pour voir si on peut trouver un consensus. La plupart mettent l'accent sur les dispositifs mobiles. Dans ce contexte Quinn (2000) [10] et Pinkwart, et al. (2003) [30] ont défini le M-learning comme un « *E-learning qui utilise des appareils mobiles* ». Une définition similaire est présentée par Trifonova et Ronchetti (2003) [16] pensent qu'il ya un agreement commun que le M-learning est l'E-learning par des dispositifs mobiles. Naismith L. et al (2004) [31] définissent l'apprentissage mobile de manière plus large comme « *l'apprentissage loin de son environnement d'apprentissage normal, ou l'apprentissage impliquant l'utilisation d'appareils mobiles* ».

Sharma et Kitchen (2004) annoncent que le M-learning est un [32] « ... *apprentissage supporté par les appareils mobiles, les communications omniprésentes et des interfaces utilisateur intelligente* ». Cette définition est plus détaillée que précédentes. Georgiev et al. [26] pense que la définition du M-learning doit inclure la capacité d'apprendre partout et à chaque fois sans connexion physique permanente à des réseaux câblés. Ceci peut être réalisé par l'utilisation d'appareils mobiles et portables comme les téléphones cellulaires, PDA, les ordinateurs portables et les Tablettes PC. Ils doivent avoir la possibilité de se connecter aux autres périphériques d'ordinateur, pour présenter l'information pédagogique et pour réaliser l'échange d'informations entre les étudiants et l'enseignant.

Une des définitions couramment utilisées pour M-learning est proposée par Shahid Islam et al. (2008)[33] qui l'ont défini comme une forme évoluée d'E-learning qui prend avantages du potentiel d'apprentissage offertes par l'Internet et les technologies mobiles dispositifs.

Une autre définition plus générale est celle proposée par Nyiri (2002) [34] : qui définissent l'apprentissage mobile comme étant « *l'apprentissage qui se pose au cours d'une communication mobile de personne-à-personne* ». Cette définition stimule une réflexion philosophique sur le rôle des téléphones mobiles, parce que, comme il a fait remarquer « *la communication mobile est d'améliorer la communication au quotidien, et tout comme notre conversation quotidienne est indifférente à l'égard des frontières disciplinaires, ainsi, aussi, est le M-learning.* » Ce qui signifié que la communication des apprenants par des appareils mobiles rend l'apprentissage plus « naturel ».

Finalement, il semble que la définition la plus générale et significative et qui vise la mobilité au sens plus large est celle proposée par O'Malley, et al., (2003) [35] : « *Le M-learning est toute sorte d'apprentissage qui se produit lorsque l'apprenant n'est pas dans un endroit fixe, prédéterminée, ou l'apprentissage qui se produit lorsque l'apprenant profite des possibilités d'apprentissage offertes par les technologies mobiles* ».

Différents points de vue et perspectives du M-learning ont été interprétés par différents chercheurs et développeurs. Plus précisément, les points de vue typiques des définitions du m-learning peuvent être classés dans l'une des trois perspectives suivantes :

- Technologique également connu sous le nom de techno-centré (les appareils mobiles étant l'objectif).
- Convivialité (l'accent étant mis sur les apprenants).
- Pédagogique (les apprenants étant au centre).

D'un point de vue technologique, Velasco et al. (2007) [36] définissent le M-learning comme une « méthodologie d'apprentissage qui implique l'utilisation de petits appareils mobiles, tels que les téléphones portables ou les PDA, c'est-à-dire tout appareil portable avec connexion sans fil. Les solutions d'apprentissage mobile permettent aux gens d'accéder aux technologies de l'information quand et où ils en ont besoin, facilitant la possibilité de mettre en œuvre des méthodes innovantes d'enseignement et d'apprentissage ». Cette gamme de connexions sans fil comprend - "Wi-Fi, Bluetooth, LAN sans fil multi-sauts et les technologies sans fil mondiales telles que GPS, GSM, GPRS, 3G et systèmes satellites" [37]. De même, Traxler (2005) [38] l'a défini comme "toute offre éducative où les technologies uniques ou dominantes sont des appareils portables ou de poche". Le point commun entre ces définitions est que le M-learning était considéré avec la technologie en son centre, plutôt que l'utilisateur ou l'apprenant. Ces définitions impliquaient également que le M-learning était une fonction de la technologie momentanément disponible et dynamiquement changeante à un moment donné [39].

Du point de vue de la *convivialité* et de la *pédagogie*, l'attention s'est déplacée de l'appareil mobile vers l'apprenant. Du point de vue de la convivialité, l'interaction entre les appareils mobiles et les utilisateurs humains a été au centre des préoccupations ; c'est ce qu'on appelle l'interaction homme-machine (HCI) ou Mobile HCI. Cela comprenait le formatage des supports d'apprentissage mobile pour qu'ils s'adaptent de manière appropriée aux écrans des appareils mobiles afin de permettre aux utilisateurs de déployer les supports de la manière prévue.

Du point de vue pédagogique, le M-learning a été défini comme "tout type d'apprentissage qui se produit lorsque l'apprenant n'est pas à un endroit fixe et prédéterminé, ou un apprentissage qui se produit lorsque l'apprenant profite des opportunités d'apprentissage offertes par les technologies mobiles" [39]. La première partie de cette définition implique que tout type d'apprentissage qui a eu lieu avec ou sans appareils mobiles pourrait être classé comme M-learning, où les emplacements fixes peuvent avoir inclus des laboratoires informatiques, des bibliothèques et des amphithéâtres, etc. En ce sens, le M-learning n'était pas nécessairement une propriété exclusive de la technologie mobile, c'était plutôt la mobilité de l'apprenant qui, au cours de sa vie quotidienne, passait d'une situation à une autre, se trouvant dans différents endroits avec différents groupes sociaux, utilisant différents appareils portables et non mobiles. Ce même point de vue était partagé par [40] qui définissent le M-learning comme un processus d'appren-

tissage dans lequel un apprenant a le temps et est disposé à apprendre seul ou en groupe, avec ou sans appareils mobiles.

I.5 Technologie Mobile

Les technologies mobiles ont un potentiel en tant qu'outil d'apprentissage mobile de soutien entre les enseignants et les élèves, qui peuvent être utilisés pour soutenir les enseignants dans l'enseignement et soutenir les élèves dans l'apprentissage. Les dernières années ont vu une croissance exponentielle de la technologie mobile se traduit par l'utilisation massive et progressive des appareils sans fil, (Smartphones, PDA, ordinateurs de poche, etc.) dans tous les secteurs de l'éducation, et à travers les mondes développés et en développement. Le nombre actuel d'utilisateurs de téléphones mobiles est de 7,33 milliards, ce qui fait que 91,53% des personnes dans le monde possèdent un téléphone portable [41]. En 2025, le nombre d'utilisateurs mobiles dans le monde devrait atteindre 7,49 milliards. [42]

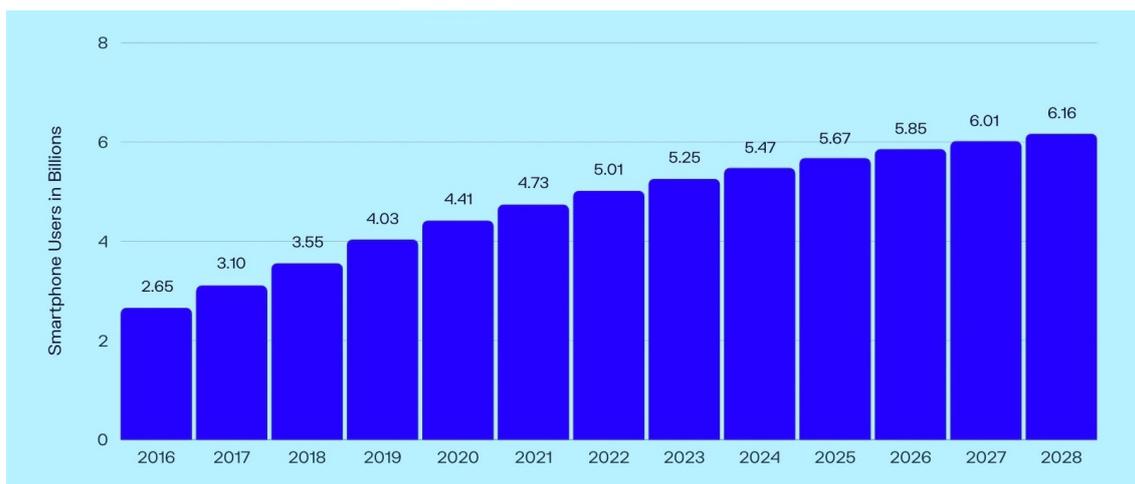


Figure I.3 – Le nombre d'utilisateurs mobiles dans le monde (2016-2028) [43].

Les derniers chiffres montrent un nombre croissant d'utilisateurs de Smartphones année après année. Selon Statista, en 2023, le nombre actuel d'utilisateurs de Smartphones dans le monde est aujourd'hui de 6,92 milliards, ce qui signifie que 86,41 % de la population mondiale possède un Smartphone [41] [42]. Ce chiffre a considérablement augmenté par rapport à 2016, lorsque seulement 3,668 milliards d'utilisateurs représentaient 49,40 % de la population mondiale de cette année-là [41]. En fait, de 2016 à 2023, le nombre total d'utilisateurs de Smartphones dans le monde a augmenté en moyenne de 9,5 % par an, la plus forte croissance ayant eu lieu en 2017. Cette année-là, le nombre d'utilisateurs de Smartphones a augmenté de 20,9 %. [43]

Les technologies mobiles sont de plus en plus utilisées, on peut dire que l'une des technologies

à la croissance la plus rapide est celle des technologies mobiles, qui pénètrent actuellement dans la vie quotidienne [44]. Sharples (2000) [45] a identifié que les technologies mobiles peuvent être utilisées dans l'apprentissage comme, 1) un système d'assistant intelligent qui peut être utilisé pour aider les étudiants dans l'apprentissage. 2) Simulateurs et outils d'apprentissage comme matériel d'apprentissage supplémentaire. 3) Périphériques et ressources système. 4) Les dispositifs de communication peuvent aider à présenter des informations. De plus, 5) des salles de classe de simulation qui se présentent comme un modèle d'interaction entre les enseignants et les élèves. Les appareils mobiles tels que les Smartphones, les PDA et les tablettes PC sont à un prix raisonnable et permettent une utilisation plus flexible par rapport aux ordinateurs de bureau. De plus, ces appareils sont pratiques et attrayants pour les jeunes utilisateurs qui connaissent ces appareils et peuvent devenir de bons supports pédagogiques ([46]; [47]). Les technologies mobiles peuvent offrir des opportunités pour de nouvelles expériences d'apprentissage et peuvent accéder à l'information afin d'explorer les connaissances à tout moment et partout ([48]; [49]). La technologie mobile peut favoriser davantage les interactions et accroître la participation entre les élèves et les enseignants [46]. De même, Churchill et al. (2012) [50] ont déclaré que la technologie mobile est efficace en termes de facilité de connectivité et de mobilité (n'importe où et n'importe quand). De plus, il est facile d'utiliser le multimédia. En ce qui concerne les pays en développement, les gens s'intéressent à la technologie mobile car ils peuvent être connectés partout et peut améliorer la qualité de leur vie [51]. On peut en conclure que la capacité des technologies mobiles peut permettre à chacun d'accéder à l'information n'importe où et peut supprimer les obstacles à l'apprentissage; en particulier, les enseignants et les élèves des régions éloignées peuvent accéder au matériel d'enseignement et d'apprentissage de n'importe où et à tout moment ([51]; [52]).

Bates (1997) [53] pense que l'utilisation de la technologie mobile dans l'éducation peut améliorer la qualité de l'apprentissage, fournir un meilleur accès à l'éducation et à la formation. Cela s'avère rentable pour l'éducation et peut réduire ses coûts [54]. Les nouvelles approches d'apprentissage basées sur les technologies mobiles sont collectivement connues sous le nom d'apprentissage mobile [55]. Ainsi, la technologie mobile peut aider et encourager la participation à l'apprentissage chez les éducateurs et les étudiants. De plus, les technologies mobiles encouragent les étudiants à contrôler leur apprentissage et ils peuvent créer eux-mêmes les objectifs d'apprentissage [56]. Il a également été démontré que lorsque les élèves apprennent grâce à la technologie mobile, ils sont plus engagés dans leur apprentissage en classe [57]. Cela a confirmé que la technologie mobile peut être utilisée comme outil d'apprentissage dans les écoles primaires pour soutenir l'apprentissage des élèves [58]. De plus, Domingo et Garganté (2016) [59] ont indiqué les avantages de la technologie mobile utilisée dans l'apprentissage, en ce sens qu'elle peut accroître l'engagement envers l'apprentissage des élèves et fournir un nouvel outil d'apprentissage et d'enseignement.

I.6 L'apprentissage mobile pendant le confinement lié au Covid-19

La maladie à coronavirus 2019 (COVID-19), qui a été signalée pour la première fois dans la province du Hubei en République populaire de Chine, s'est facilement propagée à travers le monde [60], [61], infectant un grand nombre de pays. Cela a conduit le Comité d'urgence de l'OMS à déclarer une urgence sanitaire mondiale fin janvier 2020, citant une augmentation des cas confirmés de COVID-19 partout dans le monde [62]. Le COVID-19 s'est répandu sur tous les continents, et les dernières nouvelles sur le COVID-19 ont submergé les médias mondiaux chaque jour en 2020 et même en 2021 [63]. La pandémie de COVID-19 a changé le mode de vie de nombreux pays dans le monde. Il a réinventé le monde d'une manière qui n'aurait pas pu être imaginée avant l'épidémie de Wuhan. Les chercheurs ont confirmé que les mesures prédominantes contre la propagation du COVID-19 sont la distanciation sociale, l'auto-isollement et l'interdiction aux gens de se rassembler en grand nombre [64]. Par conséquent, le mode d'enseignement traditionnel présentiel a été temporairement interrompu, obligeant les écoles à s'engager dans l'enseignement et l'apprentissage en ligne comme moyen de contenir la propagation du COVID-19. [65]

La magnanimité de l'impact des technologies de l'information et de la communication sur divers secteurs est indéniable, en particulier dans le domaine de l'éducation. Ces technologies florissantes ont fait des progrès pour fournir une solution pratique aux décideurs et aux instructeurs pour fournir le matériel d'apprentissage et faciliter les évaluations pendant la période de quarantaine COVID-19. Pour faciliter ce processus, les universités et les collèges ont utilisé un certain nombre de technologies, notamment des systèmes de gestion de l'apprentissage (Moodle, Blackboard, etc.), des plateformes de réunion virtuelles (Zoom, les équipes Microsoft, Google Meet, etc.) et d'autres portails éducatifs [66]. Environ 1,6 milliard d'apprenants n'ont pas pu suivre de cours physiques en raison de la fermeture temporaire des écoles; cela a entraîné l'inscription en ligne de plus de 91 % de tous les apprenants en raison de la pandémie de COVID-19 [67], [68], [69]. L'une des technologies pionnières qui a joué un rôle important pendant cette pandémie est l'apprentissage mobile, qui aide les élèves à accéder au matériel d'apprentissage à tout moment et n'importe où à l'aide d'appareils mobiles. Bien qu'il existe plusieurs façons d'accéder au matériel d'apprentissage pendant la période de quarantaine, y compris les ordinateurs de bureau et les ordinateurs portables, la plupart des étudiants préfèrent utiliser leurs appareils mobiles comme alternatives. Cela découle de la fonctionnalité omniprésente des appareils mobiles où les étudiants peuvent accéder à leur matériel d'apprentissage sans aucune restriction de temps et de lieu. Le M-learning permet aux étudiants de développer leurs compétences conversationnelles et techniques, de trouver des réponses à leurs questions, de faciliter le partage des connaissances et la collaboration, et d'améliorer leurs résultats d'apprentissage. Les éducateurs peuvent également personnaliser leurs instructions d'enseignement grâce au M-learning

et permettre aux apprenants d'autoréguler leur apprentissage. [66]

En raison de la pandémie, le paysage éducatif s'est renversé, avec un changement massif vers l'apprentissage en ligne se produisant littéralement partout sur la planète [70]. Ceux-ci ont forcé le monde entier à s'appuyer sur le M-learning pour poursuivre les activités d'enseignement et d'apprentissage [71]. Les commandes à domicile et les fermetures de bureaux et d'environnements scolaires ont amené un nombre sans précédent d'apprenants et d'éducateurs dans la salle virtuelle [72]. De plus, le M-learning est devenu encore plus populaire en raison de l'urgence survenue dans le monde entier. La flambée de COVID-19 a changé l'ensemble du système éducatif à l'échelle mondiale. De nombreuses universités et institutions ont interrompu l'enseignement présentiel. Ils sont désormais obligés d'aller en ligne pour poursuivre leurs activités d'enseignement [73]. Cela aura une influence néfaste sur les activités éducatives, car le respect de la distanciation sociale est crucial à cette période [74]. Cette crise a contraint les organisations qui étaient auparavant réticentes à changer et à tirer parti du M-learning. C'était et c'est toujours une période difficile pour les établissements d'enseignement pour faire face au scénario actuel, en particulier dans l'enseignement des sciences et de la technologie [75]. Néanmoins, ce scénario a démontré le potentiel du M-learning comme moyen de poursuivre des études malgré les défis rencontrés à la fois par les apprenants et les éducateurs. [76]

I.7 Avantages de l'apprentissage mobile

Lorsque Domingo et Garganté (2016) [59] ont étudié la perception des enseignants sur l'impact de l'utilisation de la technologie d'apprentissage mobile dans l'enseignement primaire, ils ont constaté qu'il existe deux impacts positifs de la technologie d'apprentissage mobile dans la salle de classe :

- Simplifier l'accès aux données et accroître l'engagement envers l'apprentissage.

Ce point a été évoqué par Amarnath (2018) [76] qui a déclaré que les avantages de l'utilisation de la technologie mobile dans l'apprentissage ou la MLT (Mobile Learning Technology) sont les suivants :

- La MLT est pratique pour les étudiants en termes d'accès facile à l'apprentissage n'importe où et n'importe quand.
- La MLT encourage l'engagement des élèves et la réalisation d'activités ensemble en classe. Cela peut offrir plusieurs opportunités telles que : motiver les élèves à s'engager dans l'apprentissage par eux-mêmes, permettre aux élèves d'établir des liens avec un camarade de classe sur l'apprentissage des leçons, renforcer la motivation des élèves à apprendre, accès immédiat à des données numériques telles que des clips vidéo ([77] ; [78]). Par exemple, lorsqu'ils ne comprennent pas la leçon mais hésitent à demander aux enseignants de la décrire à nouveau, l'apprentissage mobile peut les aider à revoir

la leçon. On peut affirmer que la MLT offre aux étudiants plus de possibilités d'acquérir les compétences d'auto-apprentissage requises pour leurs études. De plus, Corbeil et al. (2007) [79] et Hartnell et al. (2008) [80] ont convenu que :

- L'utilisation des téléphones portables dans l'apprentissage peut faciliter l'accès des étudiants aux données.
- Les élèves peuvent collaborer avec un camarade de classe et les enseignants configurent la MLT comme un apprentissage centré sur l'élève.

La technologie d'apprentissage mobile a divers impacts positifs et a une utilité positive perçue à la fois pour les étudiants et les enseignants.

On peut en conclure que la technologie d'apprentissage mobile présente une variété d'avantages :

- Aidera à évaluer les résultats d'apprentissage des élèves.
- Promouvoir les capacités des élèves à apprendre en dehors de la salle de classe traditionnelle.
- Prolongera les opportunités d'apprentissage dans le temps et dans l'espace, offrant un environnement indépendant par rapport à la salle de classe traditionnelle [81].
- Peut être livré sur des tablettes PC et peut motiver et encourager les étudiants à en apprendre davantage et à échanger des connaissances avec leurs collègues [82].
- La technologie d'apprentissage mobile peut offrir une facilité d'utilisation et d'accès qui aide les étudiants à apprendre n'importe quand et n'importe où.
- La technologie d'apprentissage mobile peut réduire les obstacles à un environnement d'apprentissage, ce qui peut permettre aux élèves d'apprendre en dehors de la salle de classe.

I.8 Les inconvénients de l'apprentissage mobile

Dans la section précédente, nous avons évoqué les avantages de l'apprentissage mobile. Bien que la technologie d'apprentissage mobile présente plusieurs avantages, il existe également des obstacles à l'utilisation de la MLT. Par conséquent, cette section examine les limites des impacts de la technologie d'apprentissage mobile liés à l'utilisation dans l'apprentissage en classe.

Un certain nombre de limitations à l'utilisation de la technologie d'apprentissage mobile apparaissent dans cette section. Cependant, la plupart des limitations étaient normalement des facteurs externes. Amarnath (2018) [76] a révélé qu'il existe quelques limites à l'apprentissage mobile :

- Premièrement, concernant les problèmes de connexion Internet, par exemple, un mauvais signal pour télécharger les données.

- Deuxièmement, la taille de l'écran des appareils mobiles est plus petite que celle d'un ordinateur personnel ou d'un ordinateur de bureau, ce qui peut causer de la fatigue oculaire et de la fatigue aux élèves s'ils regardent leurs écrans pendant une longue période. Par conséquent, les enseignants doivent fixer des limites à l'utilisation des appareils.
- Troisièmement, en ce qui concerne la variété des fonctionnalités et des applications de l'apprentissage mobile, la technologie peut empêcher les étudiants de se concentrer sur l'apprentissage. Par exemple, les étudiants peuvent accéder à des données inappropriées sur Internet sur leurs appareils [83]. L'utilisation de la technologie d'apprentissage mobile pour l'enseignement montre que la MLT peut rendre l'étudiant distrait et désengagé dans son apprentissage.

Dans ce même contexte, Kukulska-Hulme (2007) [84] a résumé les problèmes d'utilisabilité de la technologie mobile pour l'apprentissage dans les points suivants :

- Les problèmes physiques des appareils mobiles, par exemple ; la taille de l'écran est petite, l'espace mémoire est relativement limité et la durée de vie de la batterie est courte.
- Fiabilité et vitesse de la connexion internet.

De même, la perception des enseignants dans l'étude d'Oz (2015) [85] a révélé que les limites de l'apprentissage mobile étaient les limites de la taille de la mémoire et le faible potentiel de l'apprentissage mobile pour accéder à l'information, l'apprentissage individualisé et l'apprentissage tout au long de la vie.

En outre, Jisc (2017) [86] a déclaré que la technologie d'apprentissage mobile a certainement certaines limites :

- Les étudiants handicapés ne peuvent pas utiliser certains appareils mobiles.
- Certains contenus de la technologie d'apprentissage mobile peuvent ne pas être sûrs pour les élèves plus jeunes (par exemple, image inappropriée, pornographie) [86].

I.9 Caractéristiques de l'apprentissage mobile

Les éléments de base de l'apprentissage mobile sont l'apprenant, l'enseignant, l'environnement, le contenu et l'évaluation. Ils sont décrits ci-dessous [87] :

- Apprenant : Les apprenants sont au centre de toutes les activités d'enseignement et d'apprentissage selon les nouvelles approches éducatives. Les rôles de l'apprenant sont les suivants :
 - Accéder aux informations en cas de besoin (l'apprenant est responsable de son propre apprentissage).

- Apprendre avec sa propre vitesse d'apprentissage. Ainsi l'apprenant pourra découvrir et utiliser son propre style d'apprentissage
 - Créer et partager de nouvelles informations ou de nouveaux produits et collaborer avec d'autres apprenants.
 - S'auto-évaluer ou bien évaluer d'autres apprenants.
- Enseignant : Les éléments multimédias stockent des informations et les enseignants les transmettent aux élèves dans des environnements d'apprentissage traditionnels.
 - Environnement : L'environnement est l'endroit où les apprenants accèdent à l'information. L'environnement doit être conçu correctement pour obtenir des expériences d'apprentissage positives
 - Évaluation : L'évaluation est un élément essentiel de l'apprentissage mobile complet. Les technologies mobiles peuvent évaluer, enregistrer et rapporter les performances des apprenants aux instructeurs.

La principale caractéristique de l'apprentissage mobile est l'omniprésence, la taille portable des outils mobiles, l'information mixte, privée, interactive, collaborative et instantanée [87]. La figure I.4 illustre les caractéristiques de base d'une approche d'apprentissage mobile efficace et qui sont les suivants [87] :

- Omniprésent/Spontané : L'apprentissage mobile est plus spontané que les autres types d'apprentissage. L'apprentissage mobile est sensible au contexte, ce qui signifie que les étudiants peuvent apprendre partout.
- Taille portable des outils mobiles : Les outils d'apprentissage mobiles sont petits et portables ([9], [88], [89]). Les élèves peuvent l'utiliser partout pendant leurs activités d'apprentissage.
- Mixte : L'apprentissage mixte, qui combine l'enseignement en classe et l'apprentissage mobile, ce qui peut maximiser les avantages des deux méthodes ([90], [91]).
- Privé : Cela signifie qu'un seul apprenant à la fois a généralement accès à l'outil mobile. Autrement dit, un apprenant se connecte et effectue ses tâches indépendamment des autres apprenants ([92], [93], [94], [95]).
- Interactif : Des environnements d'apprentissage mobile qui utilisent les dernières technologies pour intégrer un environnement d'apprentissage interactif dans les activités d'apprentissage et d'enseignement ([96]).
- Collaboration : Les technologies mobiles peuvent être utilisées pour des activités d'apprentissage collaboratif dans l'éducation ([97], [95]).
- Information instantanée : Le contenu d'apprentissage doit refléter cette exigence en fournissant du matériel qui permet à l'apprenant de se concentrer rapidement sur l'information.



Figure I.4 – Les caractéristiques de l'apprentissage mobile [87].

I.10 Classification de l'apprentissage mobile

Dans la littérature, il existe différentes classifications des systèmes d'apprentissage mobile. Georgieva et al. (2005) [98] ont proposé une classification qui est décrite dans la Figure I.5. La classification proposée permet d'évaluer la variété des implémentations et des exigences pour ces systèmes - TIC (appareils mobiles et technologies de communication sans fil) et éducation (le type d'informations prises en charge et la méthode d'accès). Selon les technologies de l'information et de la communication, la classification proposée est basée sur les principaux indicateurs suivants : [98] [99]

- Type d'appareils ;
- Mobiles pris en charge (ordinateurs portables, notebooks, tablettes, PDA, téléphones portables ou Smartphones, etc.) ;
- Type de communication sans fil utilisé pour accéder aux supports pédagogiques et aux informations administratives (GPRS, GSM, Wi-Fi, Bluetooth, IrDA, etc.).

Selon les technologies éducatives, la classification proposée est basée sur les indicateurs suivants : [98]

- prise en charge de la formation synchrone et/ou asynchrone ;

- prise en charge des normes d'apprentissage en ligne ;
- disponibilité d'une connexion Internet permanente entre le système d'apprentissage mobile et les utilisateurs ;
- localisation des utilisateurs ;
- l'accès au matériel pédagogique et/ou aux services administratifs.

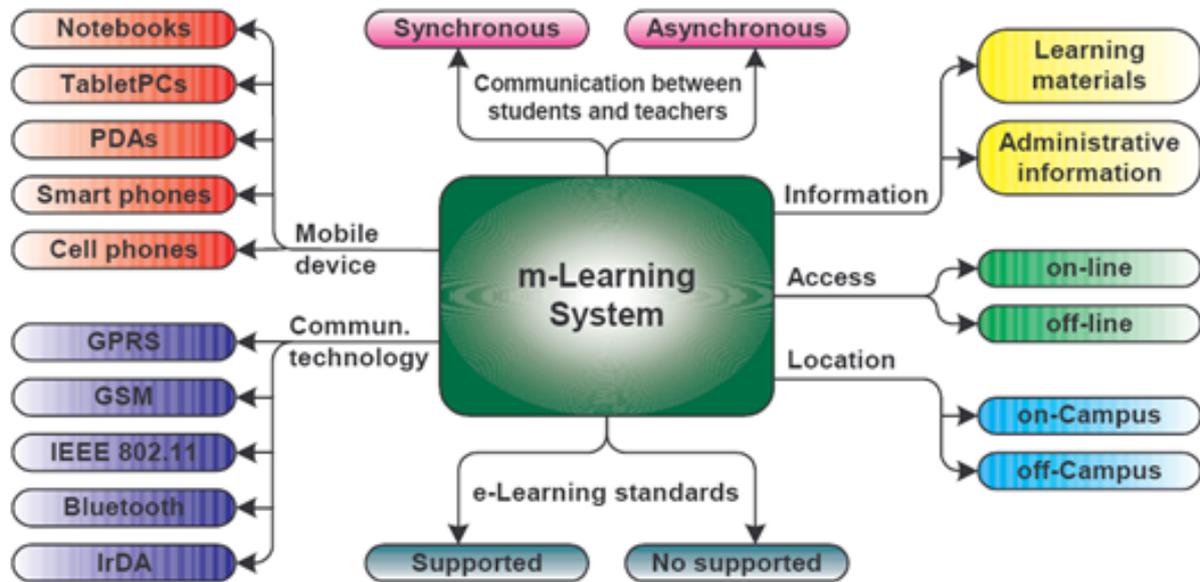


Figure I.5 – Une classification de l'apprentissage mobile [98].

Selon le moment où les enseignants et les élèves échangent des informations, les systèmes d'apprentissage mobile peuvent être classés comme suit : [98]

- Systèmes prenant en charge l'apprentissage synchrone. Ces systèmes permettent aux étudiants de communiquer en temps réel avec les enseignants et les autres étudiants. Dans la plupart des cas, la communication vocale et le chat sont utilisés à cette fin. La communication vidéo est moins utilisée.
- Systèmes prenant en charge l'apprentissage asynchrone. Dans ces systèmes, les étudiants ne peuvent pas communiquer en temps réel avec les enseignants et les autres étudiants.
- Les systèmes qui fournissent une formation synchrone et asynchrone.

Actuellement, il n'y a pas de spécifications et de normes pour l'apprentissage mobile. Par conséquent, cela est devenu la raison d'inclure dans la classification une clause sur le support des normes et spécifications d'apprentissage en ligne. En conséquence, les systèmes d'apprentissage mobile sont divisés en : [98]

- Les systèmes d'apprentissage mobile qui ne prennent pas en charge les spécifications et les normes d'apprentissage en ligne (SCORM, AICC, etc.).
- Les systèmes d'apprentissage mobile qui prennent en charge les spécifications et les normes d'apprentissage en ligne. Certaines plates-formes d'apprentissage en ligne qui prennent en charge les normes d'apprentissage en ligne et disposent d'un module d'apprentissage mobile peuvent être ajoutées à ce groupe.

La classification proposée en fonction des technologies éducatives considère la mobilité comme l'accès aux supports pédagogiques et aux services administratifs en fonction de la localisation des utilisateurs et de la présence d'une connexion permanente à Internet.

Selon le besoin d'une connexion Internet permanente entre le système d'apprentissage mobile et les utilisateurs pour reproduire le matériel d'apprentissage sur un appareil mobile, les systèmes d'apprentissage mobile existants peuvent être divisés comme suit : [98]

- Systèmes d'apprentissage mobile en ligne. Ces systèmes nécessitent une communication constante entre le système et les utilisateurs d'appareils mobiles.
- Systèmes d'apprentissage mobile hors ligne. Les supports pédagogiques sont téléchargés sur les appareils mobiles des utilisateurs donc pas besoin de communication sans fil entre le système d'apprentissage mobile et les appareils mobiles.
- Des systèmes qui proposent un apprentissage mobile en ligne et hors ligne. Une partie des supports pédagogiques est accessible en ligne, tandis que l'autre partie est accessible hors ligne (ils doivent d'abord être téléchargés dans la mémoire de l'appareil mobile).

Selon l'emplacement des utilisateurs, les systèmes d'apprentissage mobile existants peuvent être divisés en trois groupes : [98]

- Systèmes sur campus accessibles dans les universités, les écoles ou les entreprises. En règle générale, l'accès à ces systèmes se fait via des ordinateurs portables ou des tablettes PC et via le réseau sans fil de l'établissement d'enseignement.
- Hors campus, qui peut être disponible en dehors des universités, des écoles ou des entreprises. Ces systèmes sont accessibles via un ordinateur personnel portable (PC), des téléphones portables ou des Smartphones, car ces appareils prennent en charge la communication sans fil à longue portée et offrent une plus grande mobilité que les ordinateurs portables et les tablettes PC. Le portail mobile universitaire est un exemple de ce type de système. Il a la capacité d'envoyer des SMS contenant des nouvelles et des messages importants pour les utilisateurs de téléphones mobiles.
- Systèmes accessibles depuis l'intérieur et l'extérieur des établissements d'enseignement. La partie principale des systèmes d'apprentissage mobiles existants peut être ajoutée à ce groupe.

En fonction de l'accès au matériel pédagogique et/ou aux services administratifs, les systèmes existants peuvent être divisés en trois groupes : [98]

- Les systèmes d'apprentissage mobile qui prennent en charge l'accès au contenu éducatif (matériel, tests, dictionnaires, etc.).
- Des systèmes d'apprentissage mobiles qui facilitent l'accès aux services éducatifs et administratifs. De tels systèmes peuvent envoyer des SMS liés au processus éducatif (changements d'horaire, notes d'examen, etc.)
- Des systèmes d'apprentissage mobiles qui permettent d'accéder à la fois aux supports pédagogiques et aux services administratifs des organisations mondiales.

Frohberg (2006) [100] a suggéré une classification selon le contexte libre, formalisé, numérique, physique et informel. Cette classification a été qualifiée de persistante, différenciée et néanmoins intergraduelle. Le contexte s'est avéré être la caractéristique de structure la plus persistante dans l'apprentissage mobile, étant supérieur à la technologie, au type d'application ou au paradigme pédagogique. Enfin, les catégories sont intergraduelles permettant aux projets d'apprentissage mobile de se développer vers le haut (voir Figure I.6). L'ordre choisi des catégories de contexte n'est donc pas aléatoire. Une catégorie supérieure peut contenir des éléments de catégories inférieures, mais comporte en outre des défis et des valeurs spécifiques. Ils sont classés selon les dimensions générales de pertinence du contexte et de complexité sur l'abscisse de la Figure I.6. Avec un rôle plus fort du contexte étant didactiquement pertinent, il y a une plus grande complexité du cadre éducatif. Le contexte n'est pas didactiquement pertinent pour l'apprentissage en contexte libre. Dans un contexte formalisé, il a principalement une fonction organisationnelle et n'influence donc la pédagogie qu'indirectement. Dans un contexte numérique, le contexte pédagogiquement pertinent se limite à un environnement d'apprentissage virtuel conçu. Le contexte physique peut s'appuyer sur le contexte numérique et l'étendre. Dans un contexte physique, la réalité avec tous ses artefacts est hautement et explicitement pertinente. Dans un contexte informel, les frontières du contexte sont étendues à partir d'artefacts tangibles par des émotions, des relations, des attitudes et des facteurs plus souples. La complexité représente en détail le défi de la mise en œuvre technique, l'effort nécessaire pour la préparation, la facilitation, et la sophistication de la conception didactique.

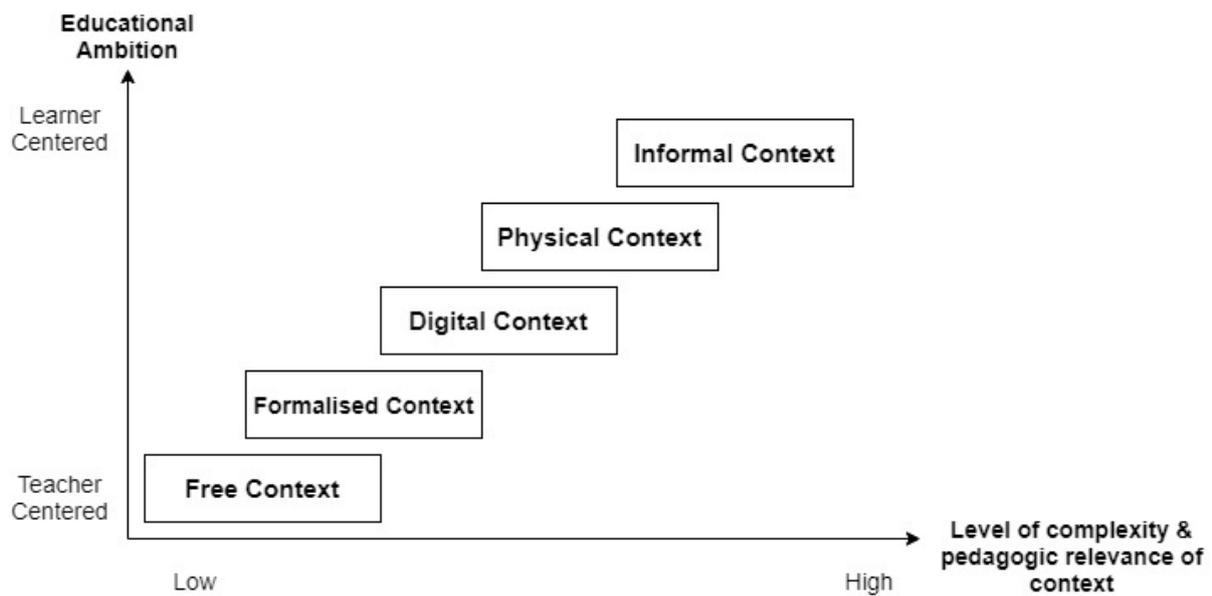


Figure 1.6 – Les catégories de l'apprentissage selon le contexte [100].

I.11 Conclusion

L'apprentissage mobile s'est généralisé et les étudiants peuvent aujourd'hui apprendre n'importe où et à tout moment, grâce aux technologies mobiles et aux connexions Internet sans fil. En conséquence, la sensibilisation au contexte et l'adaptation dans l'apprentissage mobile sont devenues de plus en plus importantes pour soutenir les paramètres dynamiques et en constante évolution au sein de l'environnement d'apprentissage mobile de l'apprenant. Différents contextes d'apprentissage sont ainsi instanciés en raison de ce cadre d'apprentissage dynamique et en constante évolution dans l'environnement d'apprentissage mobile. Pour cette raison, l'apprentissage mobile sensible au contexte est devenu de plus en plus important et sa tâche est de détecter l'environnement mobile et de réagir au contexte changeant au cours du processus d'apprentissage d'un étudiant. La sensibilisation au contexte est essentielle dans l'apprentissage mobile, qui est un environnement hautement personnalisé avec des capacités diverses. Les principaux défis de la sensibilisation au contexte sont de définir le contexte d'apprentissage, comment le ressentir et comment réagir aux changements. Il y a beaucoup de travaux et de recherches qui essaient de proposer des modèles d'apprentissage mobile sensibles au contexte. Dans le chapitre suivant nous allons présenter un survol sur ces travaux.

Chapitre II

L'Apprentissage Mobile et la Sensibilité au contexte

II.1 Introduction

Les récents progrès technologiques rapides dans le domaine de la téléphonie mobile ont permis aux téléphones mobiles de devenir un outil d'apprentissage du futur. De nos jours, les téléphones mobiles ont une large base d'utilisateurs, de riches capacités multimédias et sont reliés par un réseau de communication hautement disponible [101]. Cette révolution supprime les limites du temps et de lieu, ce qui rend possible l'apprentissage n'importe où et n'importe quand. La sensibilité au contexte devient la pierre angulaire des environnements d'apprentissage mobile pour répondre à diverses exigences sans avoir à dupliquer les ressources et les services. La sensibilité au contexte peut être définie comme la capacité du système à modifier dynamiquement ses caractéristiques pour refléter les changements dans le contexte d'apprentissage. La sensibilité au contexte permet de gagner du temps d'apprentissage, de réduire les coûts et d'augmenter l'efficacité [102].

En fait, les systèmes sensibles au contexte peuvent apporter une valeur ajoutée très intéressante au M-learning, car ils permettent la création d'applications mobiles sensibles au contexte qui permettent aux apprenants d'interagir avec leur environnement d'une manière totalement nouvelle.

Dans ce chapitre, nous allons passer en revue des travaux donnés dans la littérature en présentant les informations générales concernant l'origine d'un « contexte », puis en examinant l'utilisation des contextes d'apprentissage dans les applications d'apprentissage mobile. Ensuite, Nous allons discuter le déploiement de contextes d'apprentissage dans les applications du M-learning ainsi que ses avantages et ses défis. Puis, nous allons présenter le modèle de Felder

and Silverman pour expliquer les styles d'apprentissage des apprenants, ainsi que les objets d'apprentissage, et nous allons discuter les défis auxquels est confrontée la mise en œuvre de ces applications. Finalement, nous allons conclure ce chapitre par une synthèse et une évaluation des travaux liés à l'apprentissage mobile sensibles au contexte selon des critères significatifs.

II.2 Le contexte et la sensibilité au contexte (context-awareness)

L'idée de contexte est née du domaine de l'informatique mobile sensible au contexte, où elle a été utilisée pour la première fois. Le terme a différentes significations pour différents auteurs. Dey et Abowd (2000) [103] ont défini le contexte comme toute information qui peut être utilisée pour caractériser la situation d'une entité. Une entité représente une personne, une place ou tout objet qui est considéré pertinent à l'interaction entre l'utilisateur et l'application, incluant l'utilisateur et l'application elle-même. Dey et Abowd (1999) [104] ont compilé diverses définitions du « contexte » en utilisant différentes perspectives. Ces définitions ont été classées comme suit :

- a) Contextes concernant l'environnement des utilisateurs en fonction de leur situation. Leurs ordinateurs ou appareils mobiles peuvent avoir des informations sur leur situation. Ces informations peuvent inclure les caractéristiques des utilisateurs, telles que leur état émotionnel, leur concentration d'attention, leur statut social et d'autres états informationnels.
- b) Contextes concernant l'environnement, les paramètres ou les états de l'application, ou des informations générales sur l'environnement par rapport à la situation actuelle.

Les caractéristiques communes des contextes des deux catégories de définitions ci-dessus peuvent inclure l'emplacement, l'heure de la journée, la saison, la température, les identités des personnes et des objets autour de l'utilisateur et les modifications de ces identités. De plus, deux systèmes de classification des contextes ont été proposés. Schilit et al. (1994) [105] et Chen et Kotz (2000) [106] ont proposé la première définition, qui comprend quatre types de contextes. Schmidt et al. (1998) [107] ont proposé la deuxième définition et elle contient deux types de contextes basés sur deux perspectives différentes. Voici la première définition.

- Contexte informatique - cela peut inclure les connexions réseau, telles que les adresses IP et les ports, les coûts de communication et la bande passante, les modules logiciels et d'autres ressources telles que les imprimantes, les écrans et les postes de travail.
- Contexte de l'utilisateur - cela inclut le profil de l'utilisateur, l'emplacement, les personnes à proximité et la situation sociale actuelle.

- Contexte physique - cela comprend la température, l'éclairage, la pression, les niveaux de bruit, l'audio, les conditions de circulation, etc.
- Contexte temporel - cela comprend l'heure de la journée, la semaine, le mois et la saison de l'année. Une histoire de contexte peut être formulée en utilisant les trois contextes ci-dessus sur une période de temps. Ceci est important pour des types d'applications spécifiques.

Par exemple, si le calendrier, l'heure et le lieu de l'utilisateur sont connus, l'application peut acquérir des informations précises sur la situation sociale de l'utilisateur (s'il est en réunion, à une fête ou en train de dîner).

Voici le deuxième système de classification :

- Facteurs humains
 - Utilisateur - habitudes personnelles, état mental, etc.
 - Environnement social - proximité d'autres personnes, relations sociales, collaboration.
 - Tâche - activités dirigées vers un but ou objectifs plus généraux.
- Environnement physique - emplacement
 - Infrastructure - environnement interactif et informatique.
 - Conditions - niveau de bruit, luminosité, conditions fixes ou variables.

L'utilisation du contexte améliore le développement d'applications pour faciliter la prestation de services/activités adaptés aux valeurs de l'utilisateur. Par exemple, si l'application connaît l'emplacement actuel de l'utilisateur, une direction peut être donnée à l'utilisateur. Dey et Abowd (1999) [104] ont présenté un bref synopsis du contexte qu'ils ont déterminé dans le but de simplifier le processus d'identification des contextes pour une situation d'application particulière pour les concepteurs d'applications : « *Le contexte est toute information qui peut être utilisée pour caractériser la situation d'une entité. Une entité est une personne, un lieu ou un objet considéré comme pertinent pour l'interaction entre un utilisateur et une application, y compris l'utilisateur et les applications elle-même* ».

Le context-awareness (sensibilité au contexte) « *c'est un paradigme de l'informatique mobile dans lequel les applications peuvent découvrir et profiter des informations contextuelles (telles que l'emplacement de l'utilisateur, le temps, les gens et les dispositifs proches, et l'activité de l'utilisateur)* » [106].

Les systèmes sensibles au contexte sont ceux qui ont la capacité d'adapter leurs opérations au contexte actuel, visant ainsi à plus de convivialité et d'efficacité en tenant compte du contexte

environnemental [108] [109]. Schilit et Theimer [110] ont d'abord défini le Context-Aware Computing en 1994 comme la capacité d'une application mobile à interagir avec les informations existant dans son environnement. En outre, le système contextuel a été défini comme la capacité d'un système à détecter, interpréter et répondre au contexte proche [[111], [112], [113]], et à utiliser les informations environnementales pour fournir des informations et/ou des services aux utilisateurs, concernant leurs besoins [114]. Les applications sensibles au contexte fournissent des informations et/ou des services aux utilisateurs. Pour une application sensible au contexte, le processus de fourniture d'informations et de services peut être de trois classes différentes [115] :

- Présentation d'informations et de services : soit une information est présentée à l'utilisateur, soit une sélection de plusieurs actions pour effectuer des services.
- Exécution automatique du service : ici, le système prend l'action appropriée et exécute un service au nom de l'utilisateur.
- Joindre des informations de contexte pour une récupération ultérieure : fait référence à l'application étiquetant les données capturées avec des informations de contexte pertinentes.

Dans les systèmes sensibles au contexte, le contexte capturé relève de quatre catégories de base : Identité, lieu, activité [116] et temps [104]. Ces quatre catégories sont considérées comme un contexte primaire qui ne répond qu'aux questions de « qui », « quoi », « où » et « quand ». Cependant, ils agissent également comme des index vers d'autres informations (c'est-à-dire le contexte secondaire) [104]. Par exemple : à partir de l'identité d'un utilisateur, de nombreuses autres informations connexes peuvent être acquises, telles que le numéro de téléphone, l'adresse et la liste d'amis. De plus, en obtenant l'environnement d'un utilisateur, nous pouvons déterminer quels autres objets et personnes se trouvent à proximité de l'utilisateur et quelles activités se déroulent à proximité. Ces informations représentent ce que l'on entend par contexte secondaire. Un système sensible au contexte doit traiter les informations contextuelles de la manière suivante : détecter le contexte, raisonner sur les informations contextuelles et agir sur les informations contextuelles.

II.3 Les Contextes d'Apprentissage

Le contexte d'apprentissage décrit les aspects pédagogiques qui sont intégrés dans la conception de l'application M-learning afin de faciliter les services/activités M-learning. Les applications d'apprentissage général, par exemple, l'apprentissage en ligne, utilisent également un contexte d'apprentissage dans le développement d'applications afin de fournir des services/activités pertinents qui sont orientés sur le contexte. Une signification globale d'un contexte d'apprentissage doit refléter les circonstances ou les conditions qui entourent l'apprentissage [117].

Dimension	Explication
<i>Identité</i>	Caractéristiques spécifiques de chaque apprenant normalement reconnues via un système de connexion ou via des dispositifs spéciaux, tels que des cartes à puce ou des lecteurs d'empreintes digitales.
<i>Espace-temps</i>	Celle-ci est caractérisée par deux éléments : le temps et le lieu. L'heure peut être facilement connue grâce à l'horloge de l'appareil mobile et l'emplacement peut être obtenu à l'aide d'un capteur, tel qu'un système de positionnement global (GPS). La connaissance de ces deux caractéristiques donne une indication d'un instant ou d'une période pendant laquelle l'utilisateur aura besoin de certaines informations.
<i>Facilité</i>	Cela fait référence à divers types de PDA d'appareils mobiles, téléphones intelligents, tablettes PC ou ordinateurs portables ainsi que les capacités de ces appareils, telles que la puissance du processeur, la taille de l'affichage, la résolution des couleurs et la méthode d'entrée. La connaissance de l'installation permet la fourniture de matériel d'apprentissage selon l'appareil mobile.
<i>Activité</i>	Il peut être difficile d'identifier des activités spécifiques adaptées à un processus d'apprentissage. Le contexte de l'activité peut être acquis par le biais d'actions Web, qui sont des profils du journal d'accès de l'apprenant et des enregistrements de discussion sur le Web, ou par l'observation d'actions en direct se déroulant en classe.
<i>Apprenant</i>	Cela constitue les caractéristiques intrinsèques et psychologiques d'un apprenant qui sont considérées comme essentielles à la réussite de l'apprentissage. Ces caractéristiques comprennent l'état émotionnel de l'apprenant.
<i>Communauté</i>	C'est le contexte social et peut être complexe en raison du statut et des interactions entre les membres de la communauté. Le rôle de chaque apprenant peut être dynamique parmi les participants.

Tableau II.1 – Les six dimensions des contextes de Wang dans l'apprentissage mobile.
[118]

Wang (2004) [118] a proposé une approche de classification composée de six catégories de contextes d'apprentissage. Ces six catégories forment ensemble « l'espace contextuel », comme illustré dans le Tableau II.1 Les six dimensions sont : l'identité, l'espace-temps, l'installation, l'activité, l'apprenant et la communauté. L'identité décrit les caractéristiques uniques des apprenants, telles que leurs connexions. Le spatio-temporel correspond aux aspects temporels et géographiques du processus d'apprentissage. L'installation fait référence au type d'appareil mobile utilisé par l'utilisateur à des fins d'apprentissage et au type de réseau (filaire/sans fil) utilisé pour la connexion. L'activité fait référence au type d'activité d'apprentissage qui se déroule, comme une activité individuelle ou collaborative. La dimension de l'apprenant décrit les caractéristiques de l'apprenant, telles que le style d'apprentissage (LS) et le niveau de connaissances. La sixième dimension, qui est la communauté, caractérise les interactions sociales entre les participants, s'il y en a. Cet espace de contexte permet aux chercheurs/développeurs de comprendre les composants de différents contextes d'apprentissage et comment ils peuvent être utilisés pour fournir diverses applications d'apprentissage mobile efficaces.

II.4 Le déploiement de contextes d'apprentissage dans les applications du M-learning

Il n'est pas facile de déployer des contextes d'apprentissage dans des applications d'apprentissage mobile. De nombreux facteurs doivent être pris en compte et les défis potentiels à relever avant de déployer des contextes d'apprentissage dans une application d'apprentissage mobile. Le processus de déploiement est composé de trois étapes : (a) récupérer des contextes d'apprentissage, (b) déterminer si une action doit être effectuée ou non et, (c) déterminer avec quelle approche une action doit être effectuée.

Les avantages du déploiement de contextes d'apprentissage et de la conception d'applications d'apprentissage mobile sensibles au contexte reposent sur deux principes :

améliorer la situation d'apprentissage et apporter du confort à l'apprenant. Ceux-ci sont décrits comme suit :

- a) Améliorer la situation d'apprentissage - les applications d'apprentissage mobile sensibles au contexte peuvent faciliter l'apprentissage situé en temps réel dans des environnements physiques réels. Ils ont également le potentiel d'améliorer l'efficacité de l'apprentissage [117]. Certaines activités/matériels pédagogiques ne conviennent pas aux apprenants dans une situation et un lieu donné. Les opportunités d'apprentissage et les performances des apprenants peuvent être améliorées en parcourant les supports d'apprentissage et en choisissant ceux qui sont les mieux adaptés aux besoins des apprenants [119].
- b) Apporter de la commodité à l'apprenant - les objectifs des applications d'apprentissage mobile sensibles au contexte peuvent : (a) permettre aux apprenants de se concentrer davantage sur les ressources ou la situation d'apprentissage plutôt que sur la technologie

[120] et, (b) suppriment la nécessité pour les utilisateurs de saisir manuellement les informations dans le système, leur permettant ainsi d'économiser du temps et des efforts [121] [122].

Une application d'apprentissage mobile sensible au contexte crée une opportunité pour les apprenants de recevoir facilement des informations en temps opportun. L'information peut être donnée aux apprenants au bon moment et au bon endroit sans aucune difficulté. La sortie de l'appareil mobile peut être ajustée pour correspondre à la situation actuelle de l'apprenant afin de lui fournir des avantages supplémentaires si nécessaire, tels que la modification de la couleur, de la luminosité, de la taille de la police ou des paramètres de confidentialité [123].

Le déploiement de contextes d'apprentissage au sein d'applications M-learning est associé à deux défis majeurs : les difficultés de détection et de récupération des contextes d'apprentissage et la nature dynamique des contextes d'apprentissage.

Récupérer et détecter le contexte interne et externe de l'apprenant est difficile pour les raisons suivantes :

- a) Le « contexte interne » décrit principalement l'état de l'utilisateur, y compris ses émotions, ses intentions et ses motivations. Le contexte interne est très difficile à détecter car il implique un processus compliqué, comme attacher un certain nombre de capteurs portables à l'utilisateur pour récupérer les lectures. Par exemple, les algorithmes de vision artificielle peuvent détecter les expressions faciales d'un apprenant et les mouvements de l'œil peuvent détecter le niveau de concentration de l'apprenant. De tels processus de détection nécessitent une analyse complexe et peuvent causer de l'anxiété et de l'inconfort aux utilisateurs. Le résultat peut également ne pas être totalement exact [123] [118].
- b) Le « contexte externe » décrit l'état de l'environnement, tel que l'emplacement, le niveau de bruit et la température. Le processus de détection d'un contexte externe est relativement plus facile. Les technologies modernes utilisées pour détecter l'emplacement de l'utilisateur comprennent le GPS, la technologie d'identification par radiofréquence et les services de réseau sans fil et cellulaire. Quelquefois, les données GPS peuvent ne pas être très précises et disponibles. La force du signal de l'appareil mobile sera faible, ou complètement perdue, lorsque l'utilisateur entre dans des immeubles de grande hauteur, si le capteur de détection d'emplacement est fixé ou intégré à un appareil mobile [124]. La technologie d'identification par radiofréquence ne peut fonctionner que si un graveur est attaché aux emplacements déployés et qu'un lecteur est attaché à un appareil mobile avant utilisation. Il existe des problèmes d'inexactitude avec les services de réseau sans fil et cellulaires [118]. Certains utilisateurs peuvent s'inquiéter pour leur vie privée et, par conséquent, ne pas vouloir utiliser les services de géo-localisation [125].
- c) Les contextes internes et externes subissent constamment des changements, ce qui conduit à des valeurs contextuelles différentes au cours de la même période ou au même endroit

[126]. Cela signifie qu'une application doit être capable de faire la différence entre les changements de contexte qui devraient susciter de nouvelles mesures et ceux qu'elle devrait enregistrer en silence [127]. Afin d'établir s'il faut interrompre et informer les utilisateurs des activités nouvellement développées pendant qu'ils effectuent leurs tâches en cours, un processus de recommandation contenant un mécanisme de décision doit être formé [128].

II.5 L'adaptation et la sensibilité au contexte

Dans le contexte de l'apprentissage mobile, il est utile de considérer la sensibilité au contexte et l'adaptabilité comme deux faces d'une même médaille. Le but de l'adaptabilité et la sensibilité au contexte est de mieux supporter une variété d'apprenants qu'ils peuvent avoir des compétences très différentes et des motivations à apprendre dans des contextes variables [129]. À cet effet, la nécessité de personnaliser l'apprentissage a été bien reconnue. Les activités d'apprentissage et le contenu des cours seraient adaptés aux besoins de l'apprenant, aux leur intérêts, préférences et aptitudes.

II.5.1 L'adaptation de l'apprentissage

L'adaptation est une direction bien connue dans divers secteurs et disciplines, y compris l'apprentissage, et elle a été décrite comme un concept puissant pour remodeler l'apprentissage [130]. Ainsi, quand on parle d'adaptation en l'apprentissage, on pense absolument aux systèmes d'apprentissage qui fournissent le contenu d'apprentissage, le parcours et le format de présentation en fonction du contexte individuel de l'apprenant. Sampson et Karagiannidis [131] ont affirmé que tout système capable de prendre en compte les caractéristiques de l'apprenant et le matériel pédagogique pour effectuer automatiquement une activité d'apprentissage est un système d'apprentissage adaptatif. Bergé et al. [132] ont déclaré que l'adaptation dans les environnements d'apprentissage rend généralement les objets d'apprentissage adaptés aux différences entre les styles d'apprentissage, les connaissances, les compétences, les intérêts des apprenants, ainsi que leur acceptation par les agents intelligents. Sans aucun doute, l'apprentissage mobile adaptatif a été inventé pour contrôler les activités des apprenants, estimer leur comportement, déduire leurs besoins et leurs préférences et enrichir de manière flexible leurs expériences d'apprentissage en modélisant le meilleur apprentissage possible en fonction de leurs caractéristiques particulières [133] [134].

En règle générale, l'apprentissage adaptatif peut être considéré comme le moyen de fournir des supports d'apprentissage en ligne, dans lequel l'interaction de l'apprenant avec le contenu précédent détermine (au moins en partie) la nature des supports livrés par la suite via un processus automatisé, dynamique et interactif [135]. En plus de cela, chaque système d'apprentissage adaptatif a un objectif spécifique, à savoir l'adaptation du parcours d'apprentissage, du contenu, du support/instruction et/ou de la présentation [136]. La cible ne peut être atteinte

sans avoir une source fondamentale d'adaptation qui peut être classée comme les caractéristiques de l'apprenant et les interactions de l'apprenant [137]. Une voie prédéterminée qui peut être suivie pour atteindre cet objectif est également requise dans de tels systèmes éducatifs. Ces trois éléments (Figure II.1) sont considérés pour déterminer quelles informations sur l'apprenant doivent être collectées et comment elles seront utilisées afin de fournir l'adaptation souhaitée.

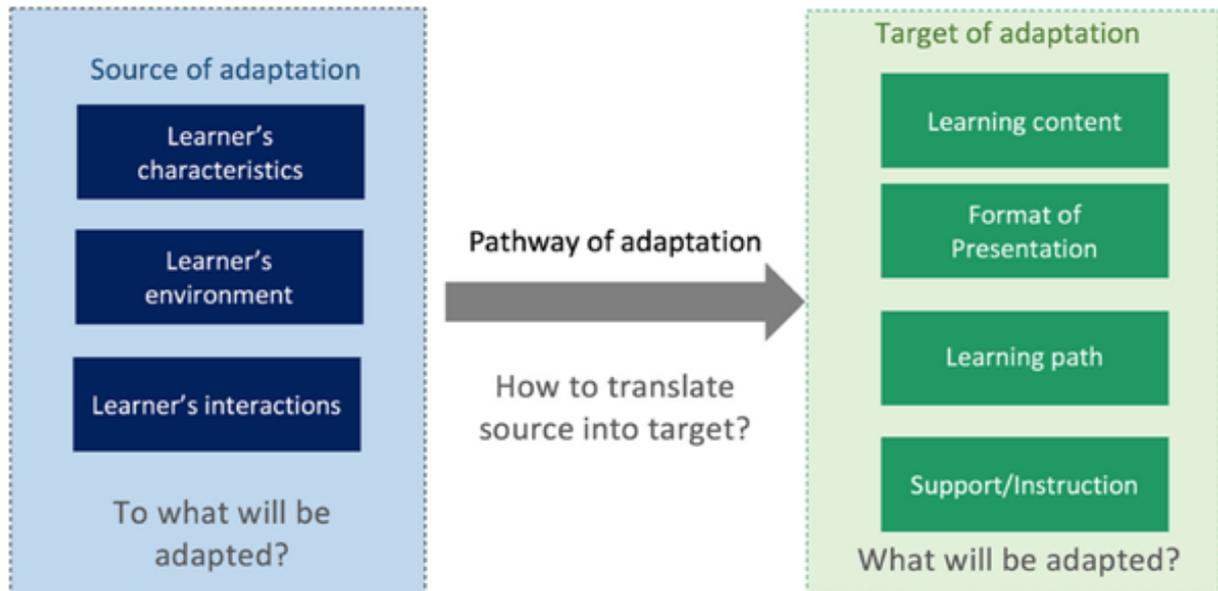


Figure II.1 – Structure tripartite des systèmes d'apprentissage adaptatifs [138].

II.5.2 Apprentissage mobile adaptatif et sensible au contexte

Crompton (2013) [139] a défini le M-learning comme « *l'apprentissage dans plusieurs contextes, par le biais d'interactions sociales et de contenu, à l'aide d'appareils électroniques personnels* ». En plus, Karimi (2016) [140] a affirmé que le M-learning a la capacité de prédire le contexte de l'utilisateur, nous pouvons alors affirmer que le M-learning favorise davantage l'adaptation des systèmes d'apprentissage en ligne. Cela est dû aux capteurs disponibles dans les appareils mobiles qui donnent plus de précision sur le contexte de l'utilisateur, y compris les activités physiques, les conditions émotionnelles et sociales ainsi que les caractéristiques qui indiquent comment l'apprenant utilise l'appareil mobile. De ce fait, le M-learning contextuel permet de passer d'un apprentissage statique à un apprentissage qui évolue en termes de contenu, de format de présentation, de parcours, de navigation ainsi que de recommandation. En d'autres termes, étant donné que « une taille unique » et « une technologie pour tous les contextes » ne fonctionnent pas dans l'éducation [141], des systèmes d'apprentissage adaptatifs ont été mis en œuvre pour faire face à l'éducation traditionnelle, en particulier lorsqu'elle est combinée avec les technologies mobiles [142].

Enfin, pour fournir un apprentissage mobile adaptatif efficace, il est important de comprendre le comportement d'apprentissage mobile des utilisateurs. Cette tâche nécessite plu-

sieurs paramètres qui doivent être définis et enregistrés pour décrire ce comportement, à savoir le temps d'inactivité, le temps de réponse, le temps passé, le temps d'apprentissage effectif, le temps d'apprentissage inefficace, le temps de connexion et le temps de déconnexion [143]. Sur cette base, le système peut identifier différentes attitudes d'apprentissage des élèves et, par conséquent, le contenu d'apprentissage peut être adapté pour répondre à leurs besoins individuels.

II.6 Styles d'apprentissage

Le concept de style d'apprentissage (Learning Style ou LS) a été initialement introduit par les pédagogues comme une « *description des attitudes et des comportements qui déterminent notre mode d'apprentissage préféré* » [144]. Keefe (1979) [145] a défini un style d'apprentissage comme « *l'ensemble de facteurs cognitifs, affectifs et physiologiques caractéristiques qui servent d'indicateurs relativement stables de la façon dont un apprenant perçoit, interagit avec et réagit à l'environnement d'apprentissage* ». Il existe trois catégories principales de LS : 1) Préférences d'apprentissage pédagogiques et environnementales, 2) Préférences d'apprentissage en traitement de l'information et 3) Préférences d'apprentissage liées à la personnalité [146]. De nombreux modèles de style d'apprentissage sont classés dans la deuxième catégorie, par exemple, le modèle de Felder et Silverman (1988) [147], les intelligences multiples de Gardner (1993) [148], la théorie du style d'apprentissage de Kolb (1984) [149], le type Myers-Briggs (1977) [150], le modèle Dunn et Dunn LS (1978) [151].

Le modèle de Felder et Silverman [147] est formé dans la catégorie des préférences d'apprentissage de l'information et du traitement et distingue les préférences d'apprentissage des apprenants en fonction des quatre dimensions suivantes - (1) actif/réflexif, (2) sensible/intuitif, (3) visuel/verbal, et (4) séquentiel/global, comme indiqué dans le tableau II.2. Chaque dimension peut être représentée comme un spectre composé de valeurs de 1 à 10. Ce modèle est basé sur des tendances impliquant que les apprenants peuvent parfois agir différemment s'ils ont une forte préférence pour certains comportements, dans une dimension particulière.

1	Actif	Préfère faire activement quelque chose avec l'information afin de la traiter.
	Réflexif	Préfère lire et réfléchir à la matière apprise.
2	Sensible	Préfère les matériaux concrets tels que les faits et les données.
	Intuitif	Préfère les matériaux abstraits tels que les théories et leur signification sous-jacente.
3	Visuel	Apprend mieux à partir de ce qu'il peut voir ou visualiser.
	Verbal	Apprend mieux avec la communication et la discussion.
4	Séquentiel	Préfère connaître le détail des sous-thèmes.
	Global	Préfère avoir une vue d'ensemble du sujet avant d'en connaître les détails.

Tableau II.2 – Le modèle Felder et Silverman LS
[147]

Notez que divers modèles de style d'apprentissage peuvent décrire le LS d'un apprenant de différentes manières. Certains décrivent les LS comme des qualités fixes qu'un apprenant possède, par exemple, un apprenant peut être un apprenant visuel absolu et non un apprenant verbal.

II.7 Les objets d'apprentissage et leurs applications

Diverses applications utilisant des objets d'apprentissage (Learning Object ou LO) ont été conçues. La plupart de ces applications, comme celle de Brennan (2005) [152], se concentrent principalement sur l'enseignement de la programmation aux étudiants. Brennan a suggéré un « *développement de l'objet d'apprentissage conçus pour répondre aux besoins des programmeurs novices* » et pour améliorer l'enseignement, l'objectif est de faciliter l'apprentissage de la programmation pour les apprenants [152]. Selon ces applications, les apprenants ont leurs propres préférences personnelles sur la meilleure façon d'apprendre la programmation et ils doivent établir un modèle mental des constructions du langage afin qu'ils puissent apprendre la sémantique d'un langage de programmation [152]. Lee et al., (2005) [153] ont conçu une ontologie d'objets d'apprentissage Java « *pour organiser des LO de cours Java dans un environnement d'apprentissage en ligne adaptatif* ». Adamchik et Gunawardena (2003) [154] ont présenté une méthode LO pour enseigner la programmation. Smith (2006) [155] et Bradley et al. (2007) [156] ont également conçu des applications permettant d'utiliser les LO mobiles sur des appareils mobiles.

II.7.1 Avantages des objets d'apprentissage

Les objets d'apprentissage (OA) sont du matériel et des outils utilisés à des fins pédagogiques. Les applications des LO ont un ensemble de métadonnées riches pour décrire ce qui

convient aux apprenants. Yau (2004) [157] a énoncé les avantages suivants de la construction de matériels d'apprentissage en tant que LO :

- Flexibilité des supports d'apprentissage, car à l'origine, le développement des LO était pour eux, d'être utilisés dans des contextes différents.
- Les balises de métadonnées facilitent les mises à jour, les recherches et la gestion du contenu.
- Personnalisation - La modularité des LO facilite la création d'expériences d'apprentissage personnalisées et spécifiques à chaque apprenant.
- Interopérabilité - Les LO sont compatibles avec divers types d'applications.
- Facilitation de l'apprentissage basé sur les compétences - Les balises de métadonnées expliquent les LO, par conséquent, les étudiants peuvent combler leurs lacunes en obtenant des objets pertinents.
- Augmentation de la valeur du contenu - Chaque fois que des LO sont utilisés; la valeur du contenu augmente.

Les enseignants utilisent les LO pour diverses raisons, telles que la révision d'un concept précédent, l'encouragement des apprenants, la fourniture de diverses méthodes d'analyse d'un concept et la présentation ou l'investigation d'un nouveau concept [158].

II.8 Synthèse des systèmes d'apprentissage mobile sensibles au contexte

De nombreux travaux de recherche tentent de modéliser les informations contextuelles de l'apprenant au cours du processus d'apprentissage ([159], [160], [161], [166]). Zervas et al. (2011) [162] et Siadaty et al. (2008) [163] considèrent que le contexte peut être divisé en (a) le contexte d'apprentissage et (b) le contexte mobile. Le contexte d'apprentissage est défini par les apprenants, les ressources pédagogiques, les activités d'apprentissage et la stratégie pédagogique spécifique, tandis que le contexte mobile est défini par le contexte d'apprentissage capturé en ce qui concerne son support de diffusion (c'est-à-dire les appareils mobiles). Christopoulou (2008) [164] a proposé de modéliser le contexte mobile selon cinq dimensions, à savoir l'information temporelle de l'utilisateur, le lieu, l'artefact, le temps et les conditions physiques [166].

Notre modèle de contexte est basé sur le modèle proposé par Gomez (2014) [166] qui combine et élabore davantage les dimensions et leurs éléments spécifiques des deux catégories (le contexte d'apprentissage et mobile).

Les principales dimensions et les éléments de ce modèle de contexte sont présentés ci-dessous :

- a) Contexte Mobile :

- Emplacement : zones, espace interactif, contexte culturel et cadre d'apprentissage
 - Temps : Durée de la tâche, tâche planifiée, action effectuée et disponibilité
 - Collaboration : Activités, tâches d'apprentissage, travail sur des projets, développement de nouveaux produits.
 - Contexte Technologique :
 - Type de réseau ;
 - Performance de réseau ;
 - Capacités des appareils mobiles ;
- b) Contexte d'apprentissage :
- Contexte Pédagogique :
 - Conception de l'apprentissage : Objectifs d'apprentissage, stratégie pédagogique, activités d'apprentissage, rôles de participation, outils et ressources d'apprentissage
 - Activités de l'apprentissage : Accent sur le contenu, interactivité, esprit critique, production, résolution de problème et réflexion.
 - Préférences d'apprentissage :
 - Connaissances préalables : Toutes les connaissances que l'apprenant a avant d'apprendre sur un sujet particulier
 - Style d'apprentissage : Actif/réflexif, sensible/intuitif, visuel/verbal, et séquentiel/global
 - Profil de l'apprenant : Profil de compétences (connaissances, habiletés, attitudes), rôle, caractéristiques personnelles semi-permanentes (style d'apprentissage, besoins et intérêts d'apprentissage, handicaps physiques ou autres)

Tableau II.3 – Comparatif des architectures de l'apprentissage mobile sensibles au contexte selon le contexte mobile

Approches d'apprentissage mobile contextuelles	Contexte Mobile						
	Emplacement	Temps	Collaboration	Type de réseau	Performance de réseau	Contexte Technologique	Capacités des appareils mobiles
Personalized Adaptive Content System for Context-Aware Mobile Learning [165]	✓	✓		✓	✓		✓
Context-aware adaptive and personalized mobile learning delivered supported by UoLmP [166]	✓	✓	✓				✓
MobiLearn : Context-Aware Mobile Learning System [167]							✓
Context-Aware and Adaptive Learning Schedule for Mobile Learning [168]	✓	✓					✓
Context-Aware Adaptive System For Mobile Learning Personalization [169]	✓	✓			✓		✓
m-LOCO : An Ontology-based Framework for Context-Aware Mobile Learning [170]				✓	✓		✓
Web-based Context-Aware m-Learning Architecture [171]				✓	✓		✓
A geo-location context-aware mobile learning system with adaptive correlation computing methods [172]	✓	✓					
Learner-Centric Context-Aware Mobile Learning [173]	✓	✓		✓	✓		✓
Context-aware recommender for mobile learners Rachid Benlamri and Xiaoyun Zhang [174]	✓	✓		✓	✓		✓
Learning in a u-Museum : Developing a context-aware ubiquitous learning Environment [175]	✓	✓	✓				
Constructing a User-Friendly and Smart Ubiquitous Personalized Learning Environment by Using a Context-Aware Mechanism [176]	✓	✓					

Tableau II.4 – Comparatif des architectures de l'apprentissage mobile sensibles au contexte selon le contexte de l'apprentissage

Approches d'apprentissage mobile contextuelles	Contexte d'apprentissage					
	Conception de l'apprentissage	Contexte Pédagogique	Connaissances préalables	Préférences d'apprentissage	Style d'apprentissage	Profil de l'apprenant
Personalized Adaptive Content System for Context-Aware Mobile Learning [165]			✓			✓
Context-aware adaptive and personalized mobile learning delivery supported by UoLmP [166]	✓	✓				✓
MobiLearn : Context-Aware Mobile Learning System [167]	✓	✓			✓	✓
Context-Aware and Adaptive Learning Schedule for Mobile Learning [168]	✓	✓	✓		✓	✓
Context-Aware Adaptive System For Mobile Learning Personalization [169]						✓
m-LOCO : An Ontology-based Framework for Context-Aware Mobile Learning [170]	✓					✓
Web-based Context-Aware m-Learning Architecture [171]						✓
A geo-location context-aware mobile learning system with adaptive correlation computing methods [172]						✓
Learner-Centric Context-Aware Mobile Learning [173]						✓
Context-aware recommender for mobile learners Rachid Benlamri and Xiaoyun Zhang [174]	✓					✓
Learning in a u-Museum : Developing a context-aware ubiquitous learning Environment [175]			✓			
Constructing a User-Friendly and Smart Ubiquitous Personalized Learning Environment by Using a Context-Aware Mechanism [176]	✓	✓	✓			✓

Les tableaux II.4 et II.3 comparent les systèmes d'apprentissage mobile contextuel existants selon les différentes dimensions des informations contextuelles de l'apprenant qu'ils traitent. Les informations contextuelles de l'apprenant sont divisées en deux (2) catégories principales (contexte d'apprentissage et contexte mobile), conformément aux catégories et aux dimensions de ces catégories décrites précédemment.

Dans le premier travail [165], les auteurs présentent une architecture fonctionnelle pour des contenus d'adaptation personnalisés. En outre, ils proposent des algorithmes pour créer des contenus adaptatifs et intelligents pour les apprenants. Les contenus d'apprentissage créés s'adaptent aux préférences de l'apprenant, ainsi qu'à l'environnement contextuel. Ils tiennent compte des informations contextuelles dans l'environnement d'apprentissage, telles que l'emplacement (campus, voiture, train, route, salle de classe, domicile, etc.), la vitesse de téléchargement par appareil mobile, le type de réseau (GSM, 3G, IEEE802) ; type d'appareil mobile (PC, PDA, Smartphone, téléphone portable, etc.), le calendrier, la météo, etc. Pour personnaliser le contenu d'apprentissage en fonction des capacités des appareils mobiles, ils utilisent le modèle WURFL du fichier de ressources universel sans fil pour décrire les fonctionnalités des appareils mobiles et des navigateurs.

Le deuxième travail est un système d'apprentissage mobile adaptatif et personnalisé sensible au contexte et appelé « UoLmP » [166]. Ce système vise à soutenir l'adaptation semi-automatique des activités d'apprentissage, c'est-à-dire : (a) les adaptations à l'interconnexion des activités d'apprentissage (à savoir, le flux d'apprentissage) et (b) les adaptations aux ressources, outils et services pédagogiques qui soutiennent les activités d'apprentissage. Les résultats de l'évaluation initiale de l'utilisation de l'UoLmP fournissent la preuve que l'UoLmP peut adapter avec succès le flux d'apprentissage d'un scénario éducatif et la fourniture de ressources, d'outils et de services éducatifs qui soutiennent les activités d'apprentissage. Enfin, ces adaptations peuvent aider les élèves à mener à bien les activités d'apprentissage d'un scénario pédagogique [166].

MobiLearn est un système d'apprentissage mobile sensible au contexte [167] qui propose des services de suivi et de personnalisation de l'apprentissage caractérisés par : l'utilisation de SMS, de réseaux sociaux (Facebook et Twitter).

Les auteurs dans [168] examinent la relation entre l'apprentissage mobile, les contextes informatiques et les éléments du modèle de styles d'apprentissage Dunn et Dunn LS. En plus, ils établissent de nombreuses similitudes et les utilisent pour former un cadre théorique soutenant l'architecture proposée d'apprentissage contextuel et adaptatif pour l'apprentissage mobile.

Un système adaptatif contextuel pour la personnalisation du M-learning est proposé dans [169], les auteurs développent un système de recommandation basé sur la modélisation sémantique des contenus d'apprentissage et du contexte d'apprentissage. Cette modélisation est complétée par une partie comportementale composée de règles et de métaheuristiques permettant

d'optimiser la combinaison de contenus d'apprentissage en fonction du contexte de l'apprenant.

Le m-LOCO [170] présente un Framework basé sur une ontologie. Il construit un ensemble intégré d'ontologies (par exemple, ontologie de conception d'apprentissage, ontologie de domaine, ontologie de modèle d'utilisateur et ontologie d'objet d'apprentissage) dans le but de capturer des informations contextuelles dans des environnements d'apprentissage mobiles. Dans ce cadre, les potentiels des appareils mobiles en tant que supports de diffusion de contenu sont utilisés à la lumière d'une approche d'apprentissage autorégulé socialement améliorée pour favoriser les compétences d'apprentissage individuelles et sociales des apprenants.

Une architecture d'apprentissage mobile contextuelle basée sur le Web à été proposé dans [171], le système proposé fournit une architecture générale qui facilite la contextualisation en utilisant les normes Web actuelles. Il fournit une approche systématique pour parvenir à une contextualisation définissant les principaux composants et leurs fonctionnalités sans approfondir les détails. Il utilise des services Web pour se connecter aux ressources, ce qui les rend réutilisables et distribuables. De plus, toutes les technologies et plates-formes proposées dans ce système sont disponibles sous licence publique générale (GPL) facilitant ainsi une mise en œuvre immédiate.

Les auteurs dans [172] proposent un système d'apprentissage mobile sensible au contexte avec des méthodes de calcul de corrélation adaptatives. Ce système permet aux utilisateurs d'enrichir leurs connaissances en les corrélant avec des expériences quotidiennes. Le système proposé contient un espace vectoriel métrique hybride pour définir la corrélation entre les vecteurs de métadonnées hétérogènes du contexte utilisateur et du matériel d'apprentissage. Le système intègre des espaces vectoriels métriques hétérogènes avec des définitions des relations sémantiques entre les espaces vectoriels. La caractéristique importante de ce système est un mécanisme d'adaptation hybride pour le calcul de la corrélation. Le mécanisme d'adaptation a des fonctions d'adaptation multidirectionnelles pour divers matériels d'apprentissage, situations et apprenants. L'avantage du système est qu'il réduit les efforts chronophages nécessaires pour décrire les relations directes entre les contextes d'utilisateurs et les supports d'apprentissage.

Apprentissage mobile sensible au contexte centré sur l'apprenant [173], la proposition provient d'un cadre basé sur le Web accompagné d'une ontologie et adapté pour résoudre les défis de l'environnement mobile, ce qui en fait un outil hautement transversal de solutions de plateforme. Le système permet à chaque utilisateur de construire une expérience d'apprentissage personnalisée qui s'adapte à ses contraintes en termes de préférences, de vitesse d'apprentissage, de temps consommé et d'informations de base. Le système prend en considération les capacités de l'appareil lors de la recherche d'objets d'apprentissage appropriés pour la présentation, ajoutant ainsi la possibilité de réutilisation aux objets d'apprentissage.

La contribution de ce travail [174] est une approche d'intégration et d'agrégation de contexte utilisant un espace d'ontologie supérieur et un mécanisme de raisonnement unifié pour adapter

la séquence d'apprentissage et le contenu d'apprentissage en fonction de l'activité de l'apprenant, contexte, technologie utilisée et environnement. A chaque changement de contexte, le système identifie les nouvelles caractéristiques contextuelles et les traduit en nouvelles contraintes d'adaptation dans l'environnement d'exploitation. Le système proposé a été mis en œuvre et testé sur divers appareils mobiles. Les résultats expérimentaux montrent de nombreux scénarios d'apprentissage pour démontrer l'utilité du système dans la pratique.

Les auteurs [175] ont proposé un système d'apprentissage ubiquitaire sensible au contexte (CAULS) basé sur l'identification par radiofréquence (RFID), un réseau sans fil, un appareil portable intégré et des technologies de base de données pour détecter et examiner les comportements d'apprentissage réels des élèves. Une étude de cas d'un cours d'éducation autochtone a été menée dans des salles de classe et au Atayalu-Museum à Taiwan. Les participants comprenaient des enseignants et des élèves du primaire. Ils ont conçu et utilisé un questionnaire basé sur la théorie unifiée de l'acceptation et de l'utilisation de la technologie (UTAUT) pour mesurer la volonté d'adoption ou d'utilisation du système proposé. Les résultats expérimentaux ont démontré que cette approche innovante peut améliorer leur intention d'apprentissage. De plus, les résultats d'une enquête post-test ont révélé que les résultats des tests de la plupart des étudiants se sont améliorés de manière significative, ce qui indique davantage l'efficacité du CAULS.

Finalement, pour l'apprentissage de l'anglais, [176] ont proposé un environnement d'apprentissage personnalisé ubiquitaire, convivial et intelligent à l'aide d'un mécanisme contextuel entrée conviviale d'une interface de code QR dans un système d'apprentissage personnalisé de recommandation sensible au contexte (PCAR) pour permettre aux apprenants d'enregistrer immédiatement des contenus externes utiles en tant que matériel d'apprentissage. Pour améliorer efficacement les capacités d'application de l'anglais des étudiants, le GPS combiné à un algorithme d'apprentissage personnalisé intelligent et sensible au contexte a été utilisé pour obtenir un contenu d'apprentissage de l'anglais plus pratique. Les résultats de plusieurs expériences et enquêtes indiquent que les notes post-test du groupe expérimental, qui a utilisé le système PCAR proposé, étaient plus élevées que celles du groupe témoin. Les résultats montrent que le système PCAR a nettement amélioré l'intérêt de l'apprenant et l'efficacité de l'apprentissage en créant un environnement d'apprentissage virtuel de l'anglais pratique.

Discussion

Les travaux cités dans cette section et résumés dans les tableaux II.4 et II.3 fournissent d'importantes solutions d'apprentissage mobile sensible au contexte et adaptatif à des objectifs et à des besoins spécifiques. En effet, l'identification des caractéristiques qui ont un impact direct sur l'apprentissage et qui répondent aux besoins et aux exigences des apprenants devient une tâche difficile à accomplir pour concevoir un système d'apprentissage sensible au contexte,

adaptatif et personnalisé. Certains des travaux cités adaptent le format d'apprentissage en fonction des paramètres environnementaux, d'autres prennent en considération les caractéristiques de l'apprenant pour adapter le contenu et/ou la présentation, et certains d'entre eux considèrent le profil de l'apprenant, le contexte environnemental et les caractéristiques du dispositif pour adapter le contenu, le format, le chemin ou tous. Par conséquent, le choix de ces paramètres repose sur les objectifs d'adaptation ainsi que sur les matériels et outils d'apprentissage disponibles.

Cette revue de la littérature nous permis à déduire les résultats présentés dans les tableaux II.4 II.3; que les éléments contextuels les plus populaires de l'environnement d'apprentissage mobile sensible au contexte sont l'emplacement, le temps, les capacités des appareils mobiles et le profile de l'apprenant. L'emplacement en tant que l'une des dimensions contextuelles est présent dans les contributions examinées qui accordent plus d'attention à la prise de conscience de l'emplacement dans les systèmes d'apprentissage mobiles. Dans de tels systèmes, il est essentiel que l'environnement d'apprentissage puisse adapter son comportement pour correspondre à l'emplacement de l'apprenant grâce à l'utilisation de capteurs. La popularité de la connaissance de l'emplacement est alignée sur la popularité du groupe d'entités de contexte spatio-temporel.

Nous pouvons également remarquer dans le tableau que les informations entrées par l'apprenant et les capteurs sont les plus utilisées entre les méthodes d'acquisition de contexte. Afin de comprendre le fonctionnement de cette méthode, il est important de comprendre le fonctionnement d'un arbre de décision (ou Decision tree en anglais).

L'ontologie est la plus populaire entre les approches de modélisation de contextes. L'ontologie est un instrument très prometteur pour modéliser des informations contextuelles en raison de son expressivité élevée et formelle.

D'autre part, il est remarquable que les études précédentes soient principalement concentrées sur le contexte technologique tel que les techniques basées sur la localisation, les capacités des appareils mobiles et les performances du réseau. Cependant, trop peu d'attention a été accordée au contexte pédagogique et aux préférences et besoins de l'apprenant, ce qui peut aider les apprenants à rester motivés et engagés pendant le processus d'apprentissage. Notre travail se concentre sur l'adaptation du contenu d'apprentissage en fonction de préférences des apprenants ainsi que de leurs styles d'apprentissage dans un environnement d'apprentissage mobile.

Le présent travail vise à mettre en œuvre un système basé sur des agents pour l'apprentissage mobile qui prend en charge la sensibilisation au contexte et la personnalisation pédagogique du contenu d'apprentissage à l'aide du « Cloud Computing ».

II.9 Conclusion

Après avoir examiné les architectures et les approches du M-learning existantes et qui sont sensibles au contexte, on a trouvé que chaque architecture reflète des caractéristiques ciblées pendant sa conception et qu'une seule architecture ne peut pas satisfaire tous les critères. Pour cela, on a tenté de bénéficier des avantages et des inconvénients des travaux précédents en proposant une nouvelle approche adaptative et contextuelle pour le M-learning et en utilisant la technologie des agents dans le Cloud Computing. Par rapport à ce contexte, beaucoup de travaux et de recherches qui sont actuellement en cours. Plus précisément, les chercheurs essaient de proposer des modèles d'apprentissage qui peuvent aider à obtenir de meilleurs processus d'apprentissage lorsque la communication est médiatisée par des dispositifs mobiles. Certains de ces travaux intègrent les concepts d' « Agent » et de « Cloud » dans leurs contributions par rapport à l'apprentissage mobile. Le chapitre suivant survolera l'ensemble de ces travaux.

Chapitre III

Apprentissage Mobile dans le Cloud Computing et les Systèmes d'Apprentissage Mobile à base d'Agents

III.1 Introduction

Le Cloud Computing connaît un développement fulgurant ces dernières années, et ses applications s'étendent dans de nombreux domaines, dont l'éducation. Grâce à l'accès à internet sur tous les appareils, cette technologie est plus distribuée que jamais. Les systèmes d'apprentissage mobile nécessitent des ressources matérielles et logicielles considérables, et le Cloud Computing offre toutes les installations nécessaires pour les fournir. Il a contribué à améliorer les fonctions d'apprentissage mobile en offrant flexibilité, efficacité et économie. L'intégration de la technologie d'apprentissage mobile et de Cloud Computing améliore considérablement le système M-Learning. L'utilisation du Cloud Computing dans l'apprentissage mobile a un impact positif sur le processus d'apprentissage et permet de réduire les coûts. Cela élimine également les limites des appareils mobiles (ressources matérielles et logicielles). Le Cloud Computing offre de nombreuses opportunités pour améliorer le système actuel de M-Learning en termes d'accessibilité et de qualité de service.

En outre, l'utilisation de la technologie des agents est considérée comme une approche cruciale pour surmonter ces défis. Les agents intelligents intégrés dans une architecture d'apprentissage mobile (M-Learning) permettent de créer un système performant et personnalisé, adapté aux besoins et aux caractéristiques uniques de chaque apprenant. Cela apporte de l'adaptabilité et de l'intelligence au système.

Dans le chapitre suivant, nous présenterons les travaux et recherches en cours qui tentent à intégrer le concept de Cloud Computing dans l'apprentissage mobile, en mettant l'accent sur les systèmes d'apprentissage mobile basés sur des agents.

III.2 Cloud Computing

III.2.1 Définition du Cloud Computing

La définition de l'informatique en nuage, également appelée Cloud Computing, découle des termes «Cloud» et «Computing». Le Cloud, également appelé nuage, est un ensemble de serveurs d'informations (ordinateurs) déployés dans des centres de données à travers le monde, où sont stockées des millions d'applications Web. Computing, ou calcul, regroupe les notions de calcul, de logique de coordination et de stockage. La définition citée par [177] mentionne que : le Cloud Computing est un système qui permet l'accès à des applications et des données via internet à partir de n'importe quel appareil, en utilisant un ensemble de serveurs accessibles à distance.

Le Cloud Computing est un système informatique basé sur internet qui utilise des centres de données distants pour gérer des services et des applications d'information. Les utilisateurs peuvent y accéder gratuitement ou en payant, en fonction du service qu'ils souhaitent utiliser.

Voici la définition du Cloud Computing, telle qu'elle est développée par le National Institute of Standards and Technology des États-Unis d'Amérique, une des organisations internationales les plus respectées dans le domaine des technologies [178] citée par [179] : « Le Cloud Computing est un modèle qui permet d'accéder à la demande et via le réseau, à un ensemble de ressources partagées et configurables (telles que des réseaux, des serveurs, des capacités de stockage, des applications et des services) qu'elles peuvent être rapidement attribuées et libérées avec un minimum d'effort de gestion et d'interaction avec le fournisseur de services ».

Le terme est une tendance qui répond à de multiples caractéristiques intégrées. L'un des exemples de ce "Cloud" est le service fourni par Google Apps qui intègre depuis un navigateur le stockage de données sur ses serveurs. Les programmes doivent se trouver sur les serveurs en ligne et les services et informations sont accessibles via Internet.

Le Cloud Computing permet aux consommateurs et aux entreprises de gérer des fichiers et d'utiliser des applications sur n'importe quel ordinateur avec accès à Internet sans les installer. Cette technologie offre une utilisation beaucoup plus efficace des ressources, telles que le stockage, la mémoire, le traitement et la bande passante, en ne fournissant que les ressources nécessaires à chaque instant. Le serveur et le logiciel de gestion sont situés dans le Cloud (In-

ternet) et sont directement gérés par le fournisseur de services. De cette façon, il est beaucoup plus simple pour le consommateur de profiter des avantages.

III.2.2 Caractéristiques du Cloud Computing

Bien qu'il n'y ait pas de description unique pour tous les environnements Cloud, presque tous ont une série de propriétés communes qui sont à la base d'un produit de qualité. Comme l'indique la définition fournie par le NIST [178], il existe cinq caractéristiques principales du Cloud Computing parmi lesquelles :

- **Le self-service à la demande**, qui permet au client de fournir des aptitudes informatiques en fonction de ses besoins, sans l'intervention d'un individu avec le prestataire de service.
- **L'accessibilité en réseau**, où les compétences sont présentes sur le réseau et peuvent être obtenues via des protocoles standard pour une utilisation sur différentes plateformes telles que Smartphones, tablettes, PC et stations de travail.
- **L'agrégation de ressources**, où les outils informatiques du prestataire sont rassemblés pour assister plusieurs clients dans un spécimen multilocataire, avec des outils matériels et virtuels alloués et réalloués selon la requête. Il y a une perception d'autonomie géographique, car l'acquéreur ne connaît généralement pas le lieu exact des ressources, mais peut les spécifier à un niveau de conception supérieur.
- **L'élasticité rapide**, où les aptitudes sont ravitaillées rapidement pour s'adapter à la demande, parfois automatiquement. Les dispositions semblent souvent absolues pour le client.
- **La mesure du service**, où les systèmes en nuage contrôlent et maximalisent l'exploitation des moyens en utilisant une capacité de cadence (généralement sur une assise d'emploi ou de facturation) pour différents types de services tels que le stockage, le traitement, la bande passante et les comptes d'utilisateurs actifs. L'exploitation des outils est examinée, vérifiée et rapportée, proposant ainsi une fiabilité pour le prestataire du service et le client.

III.2.3 Modèles de services

Le Cloud Computing a trois modèles de service prédominants. Chacun de ces modèles offre ses propres avantages qui dépendront de la solution la mieux adaptée au client et à ses besoins. Pour choisir entre eux, il est nécessaire de connaître les modèles, d'évaluer ce qui est recherché et de savoir comment le modèle choisi peut offrir les flux de travail requis. [178]

- **SaaS (Software as a Service)** : Cela permet aux utilisateurs d'utiliser les ap-

plications fournies par le prestataire sur une plateforme en nuage. Ces programmes sont disponibles depuis de distincts appareils via une interface simple comme un logiciel de navigation. Le consommateur n'administre ni ne contrôle la plateforme en nuage ni les aptitudes des programmes spécifiques, sauf éventuellement pour les réglages de configuration distinctifs.

- **PaaS (Platform as a Service)** : Celle-ci offre la possibilité de déployer des programmes créés ou achetés par le client en utilisant des outils et des langages de programmation. Le client ne contrôle pas l'infrastructure en nuage. Pourtant, il administre les outils déployés et les configurations de l'espace d'hébergement.
- **IaaS (Infrastructure as a Service)** : Elle fournit des ressources informatiques critiques telles que le traitement, le stockage et la mise en réseau, permettant au consommateur de mobiliser et d'exécuter des logiciels variés, y compris l'environnement d'exécution et les programmes. Le client n'administre pas la plateforme Cloud. Cela dit, il peut gérer les systèmes d'exploitation, le stockage, les logiciels étalés. Il a un contrôle limité sur certains composants de réseau.

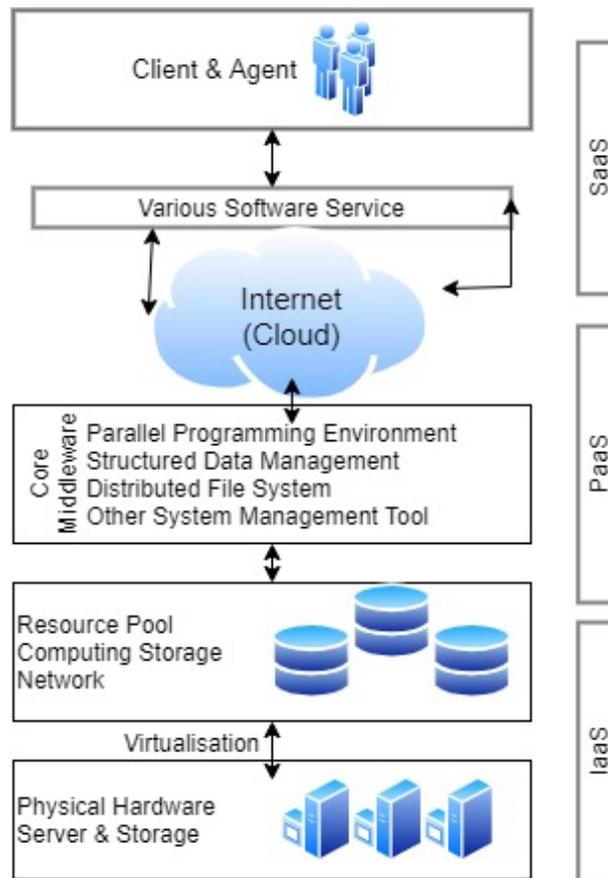


Figure III.1 – L'architecture du Cloud Computing
Adapté de S. Shankar, 2009 [181]).

III.2.4 Modèles de mise en œuvre

Avant de parler des modèles proposés par le Cloud, trois termes clés doivent être définis pour comprendre son fonctionnement. Consommateur ou client du Cloud : une personne ou une organisation cliente d'un Cloud ; notez qu'un client Cloud peut lui-même être un Cloud et que les Clouds peuvent offrir des services les uns aux autres. Client : une machine ou une application logicielle qui accède à un Cloud via une connexion réseau, peut-être pour le compte d'un consommateur. Fournisseur de Cloud ou fournisseur : une organisation qui fournit des services de Cloud. Tout au long de ce document, toute utilisation générale du terme "Cloud" ou "système Cloud" doit être supposée s'appliquer à chacun des quatre modèles de déploiement. On prend soin de spécifier un modèle de déploiement spécifique lorsqu'une instruction n'est pas applicable aux quatre modèles.

Une fois les concepts clés définis pour comprendre son fonctionnement, nous allons préciser comment ils se répartissent et quelles sont les caractéristiques de chacun de ces modèles. [178]

- **Cloud privé** : C'est une plateforme en nuage Cloud qui est exclusivement réservée à un ordre unique et comprenant de nombreux utilisateurs, tel que des départements commerciaux. Ce Cloud est possédé, dirigé et utilisé soit par l'organisation elle-même, par un tiers, ou une association des deux, et a la possibilité de se trouver sur place sinon à distance.
- **Le Cloud communautaire** : La plateforme en nuage est destinée à un groupe spécifique d'utilisateurs d'organisations ayant des besoins similaires (par exemple, la mission, les requêtes de sécurité, la politique et les attentions de conformité). Il est géré, voire exploité par une ou plusieurs organisations communautaires ou un tiers.
- **Le Cloud public** : C'est un modèle d'infrastructure Cloud qui est mis à disposition assurant une exploitation disponible à tous. Il est détenu, géré et exploité par des : société, université, une organisation gouvernementale voire un jumelage de celles-ci. Ce Cloud est hébergé dans les installations du fournisseur du service en nuage .
- **Le Cloud hybride** : C'est une plateforme en nuage qui est un mélange de deux sinon de nombreuses plateformes en nuage différentes (privées, communautaires ou publiques) qui restent séparées. Cependant, elles sont reliées par une technologie standardisée ou propriétaire qui permet la mobilité des données et des applications (par exemple, la répartition de charge entre les différents Clouds).

III.2.5 Intégration du Cloud Computing dans l'apprentissage mobile

Les appareils mobiles n'ont pas besoin d'une configuration puissante (vitesse du processeur, capacité de mémoire) car toute l'informatique complexe peut être traitée dans les nuages. [180]

- **Coût réduit** : L'application peut s'exécuter sur le Cloud. Nous ne voulons donc pas d'espace mémoire ni de logiciel sur l'appareil mobile et aucun fichier ne doit être enregistré, de sorte que le coût sera réduit. Les utilisateurs d'apprentissage mobile n'ont pas besoin d'ordinateurs configurés pour exécuter des applications d'apprentissage mobile. Ils peuvent exécuter les applications à partir du Cloud via leurs téléphones portables ou leurs tablettes avec une configuration minimale et une connectivité Internet. Étant donné que les données sont créées et dans le Cloud, l'utilisateur n'a pas besoin de dépenser plus d'argent pour une grande mémoire de stockage de données sur les machines locales. Les organisations doivent également payer à l'utilisation, c'est donc moins cher et elles doivent payer uniquement pour l'espace dont elles ont besoin.
- **Performances améliorées** : Performances plus rapides car tous sont sur le Cloud, seuls moins de programmes se trouvent sur l'appareil mobile. Ainsi, l'appareil mobile fonctionne plus rapidement.
- **Coût logiciel réduit** : Tous les logiciels sont sur le Cloud, l'installation du logiciel sur mobile n'est donc pas nécessaire, donc aucun coût pour le logiciel.
- **Mises à jour logicielles instantanées** : Les applications sont basées sur le Web, les mises à jour sont donc automatiques. Pas besoin de payer ou de télécharger une mise à niveau avec notre appareil mobile. Étant donné que l'application d'apprentissage mobile basée sur le Cloud fonctionne sur la puissance du Cloud, le logiciel est automatiquement mis à jour à la source du Cloud. Par conséquent, les apprenants reçoivent toujours des mises à jour instantanées.
- **Compatibilité améliorée du format de document** : Dans le Cloud Computing, nous avons plus de compatibilité pour ouvrir les fichiers que les appareils mobiles. Étant donné que certains formats de fichiers et certaines polices ne s'ouvrent pas correctement sur certains PC/téléphones mobiles, les applications d'apprentissage en ligne sur le Cloud n'ont pas à se soucier de ce genre de problèmes. Les applications d'apprentissage en ligne basées sur le Cloud ouvrent le fichier depuis le Cloud.
- **Fiabilité accrue des données** : Le Cloud Computing ne perd jamais de données, les pannes d'ordinateur dans le Cloud ne devraient pas affecter les données de stockage car les données et les applications sont stockées sur plusieurs serveurs et plusieurs copies de sauvegarde des données sont également disponibles.
- **Accès universel aux documents** : Tous nos documents sont instantanément disponibles dans le Cloud, nous n'avons pas besoin d'emporter nos documents partout où nous allons.
- **Indépendance de l'appareil** Si l'appareil mobile de l'utilisateur change, il n'y aura aucun compromis dans l'exécution des programmes et l'ouverture des documents et il ne nécessitera pas non plus de matériel ou de logiciel spécial à acheter [180].

- **Augmentation de la durée de vie de la batterie de l'appareil mobile :** L'utilisation du Cloud pour le traitement et le stockage des résultats permet d'économiser la durée de vie de la batterie des appareils mobiles.
- **Matériel :** La limitation matérielle des appareils mobiles empêchera les utilisateurs de certaines applications, mais l'utilisation de nuages réduit le coût de mise en œuvre de ces applications.
- **Avantages pour les étudiants :** Les étudiants bénéficient de plus d'avantages grâce à l'apprentissage mobile basé sur le Cloud. Ils peuvent suivre des cours en ligne, passer des examens en ligne, recevoir des commentaires sur les cours des instructeurs et soumettre leurs projets et devoirs sur Internet à leurs professeurs.
- **Avantages pour les enseignants :** Les enseignants bénéficient également de nombreux avantages de l'apprentissage mobile dans le Cloud. Les enseignants peuvent préparer des tests en ligne pour les étudiants, traiter et créer de meilleures ressources de contenu pour les étudiants grâce à la gestion de contenu, évaluer les tests, les devoirs et les projets réalisés par les étudiants, envoyer des commentaires et communiquer avec les étudiants via des forums.

III.2.6 Les systèmes d'apprentissage mobile basé sur le Cloud Computing

Avec le nombre croissant d'utilisateurs, de services, de contenus pédagogiques et de ressources, il est difficile de trouver des moyens de déployer le Mobile Learning pour résoudre certains problèmes (ressources limitées des appareils mobiles, capacité de stockage massive des supports d'apprentissage ou investissements coûteux en matériel et logiciels [182]). Ainsi, plusieurs tentatives ont été faites dans la littérature pour proposer un système d'apprentissage mobile basé sur le Cloud, Les travaux les plus prometteurs sont passés en revue dans cette section.

Mohamed Osman et al, ont discuté de l'apprentissage mobile de ses concepts clés qui incluent la mobilité de la technologie et la mobilité des apprenants et la mobilité de l'apprentissage [183]. Kritike et al, ont traité de la notion de nuage d'appareils mobiles [184]. Minjuan Wang et al, ont étudié l'apprentissage mobile et le Cloud Computing pour explorer comment le Cloud Computing modifie l'apprentissage mobile traditionnel [185]. Hoang T.Dinh et al, ont mené une enquête sur le Mobile Cloud Computing qui aide les lecteurs généraux à avoir un aperçu de la définition, de l'architecture et des applications du MCC [186]. Meilian Chen et al ont présenté le concept et l'architecture du système de Cloud Computing, puis conçoit une structure de système d'apprentissage mobile basé sur le Cloud Computing et analyse ses modules de processus et de fonction [187]. Mohssen M. Alabbadi a décrit l'utilisation du Cloud Com-

puting dans l'apprentissage mobile et la création de M-Learning en tant que service (mLaaS) [188]. Pragaladan .R, Leelavathi .M ont discuté de l'étude du Cloud Computing mobile et des défis du Cloud Computing mobile [189]. Anwar Hosain Masud a présenté l'architecture d'apprentissage mobile basée sur le Cloud pour l'enseignement supérieur [190]. Hossein Movafegh Ghadirli a expliqué l'application du Cloud Computing dans les systèmes de tutorat intelligents mobiles [191]. Boyinbode et Akintade (2015) [192] ont signalé la conception et le développement d'une interface conviviale pour l'apprentissage mobile basé sur le Cloud qui permet aux apprenants d'accéder au Cloud n'importe où et à tout moment avec leurs appareils mobiles, ce qui fournit une sorte de complément à l'apprentissage traditionnel pour les étudiants ; des établissements d'enseignement supérieur d'Afrique, dans des scénarios où les étudiants n'ont pas les moyens d'acheter des manuels scolaires. Aleksandar et Danco (2013) [193] ont proposé un architecture basé sur le Cloud PaaS, qui décharge le processus d'adaptation dynamique du contenu multimédia à l'environnement d'apprentissage mobile sensible au contexte, l'étudiant a reçu un multimédia adapté à son style cognitif et le contenu a été adapté en fonction des conditions du réseau sensible au contexte. Toutes les requêtes provenant de l'appareil mobile de l'élève ont été envoyées au nuage mobile et la réponse a été un contenu multimédia approprié. Afolabi (2014) [194] a conçu un système d'apprentissage mobile basé dans le contexte du Cloud Computing mobile. Un site Web mobile a été développé ainsi qu'une application mobile qui a rassemblé des informations pertinentes en relation avec le sujet d'intérêt des individus à partir d'une base de données située sur un serveur distant ainsi que des liens Web obtenus à partir du Cloud pour élargir les connaissances et la compréhension de l'individu dans la zone d'intérêt. Tous ces travaux ont mis en œuvre une application mobile basée sur le Cloud mais n'ont pas intégré la composante sociale, qui permet la collaboration et le partage des ressources d'apprentissage entre les apprenants, améliorant ainsi leur apprentissage. Kitanov & Davcev, 2012 [195] présentent un nouveau modèle de système d'apprentissage à distance mobile dans un environnement de Cloud Computing mobile en utilisant l'infrastructure de cluster de calcul haute performance (HPC), ainsi que certaines technologies de vidéoconférence existantes enrichies avec des appareils mobiles et sans fil. Badidi, 2016, [196] a proposé une architecture d'apprentissage mobile basé sur le Cloud dont l'objectif principal est de combler le fossé entre l'approche actuelle de l'éducation basée sur le Web (basée sur les appareils mobiles, les réseaux sans fil et les référentiels d'objets d'apprentissage) et les systèmes de tutorat intelligents robustes mais sous-utilisés (ITS) et Adaptive Hypermedia Systems (AHS). Cet architecture tente d'aborder à la fois l'adaptation du matériel d'apprentissage au modèle de l'apprenant mobile, la mobilité des utilisateurs, l'hétérogénéité des appareils mobiles et l'intégration de matériel d'apprentissage de divers fournisseurs et référentiels d'objets d'apprentissage [196].

Dans tous les travaux précédents, les auteurs ont constaté que le Cloud Computing peut surmonter les problèmes précédents du M-learning et fournir aux apprenants des environnements informatiques dynamiques fiables, personnalisés et à qualité de service garantie.

III.2.7 Les Inconvénients de Cloud Computing

Les inconvénients du Cloud Computing cités par [177] sont évoqués :

- **La centralisation des applications :** Le stockage des données crée une interdépendance des prestataires.
- **La disponibilité des applications :** Elles sont liées à la disponibilité de l'accès Internet.
- **Les données "sensibles"** de l'entreprise ne résident pas dans les installations des entreprises, c'est pourquoi elles pourraient générer un contexte de forte vulnérabilité au vol ou au vol d'informations.
- **La fiabilité des services** dépend de la "santé" technologique et financière des fournisseurs de services Cloud. Les entreprises en démarrage ou les alliances entre entreprises pourraient créer un environnement propice au monopole et à la croissance exagérée des services.
- **Sécurité :** Les informations de l'entreprise doivent passer par différents nœuds pour arriver à destination, chacun d'eux (et leurs canaux) étant source d'insécurité. Si des protocoles sécurisés sont utilisés, HTTPS par exemple, la vitesse globale diminue en raison de la surcharge qu'ils nécessitent.
- **Évolutivité à long terme :** À mesure que de plus en plus d'utilisateurs commencent à partager l'infrastructure Cloud, la surcharge des serveurs des fournisseurs augmentera, si l'entreprise ne dispose pas d'un schéma de croissance optimal, cela peut entraîner une dégradation du service.

III.3 La technologie agent

L'importance de la technologie agent est très évidente et pertinente en matière de développement logiciel lorsque des critères comme la distance, la coopération entre entités distinctes ou l'intégration de logiciels existants sont à prendre en compte. Plusieurs Domaines comme le domaine de l'apprentissage mobile ne peuvent pas échapper de la technologie agent. En effet, ces domaines profitent des caractéristiques des systèmes Multi-Agents (SMA) qu'ils présentent, d'une part de permettre le partage ou la distribution de la connaissance, et d'autre part, la coopération d'un ensemble d'agents et la coordination de leurs actions dans un environnement pour effectuer un but commun.

III.3.1 Les agents

Il est possible de classer les agents en deux catégories selon leur mobilité : les agents fixes (aussi appelés immobiles) qui ne peuvent s'exécuter que là où ils ont été lancés, et les agents

mobiles, qui peuvent mouvoir sur un réseau et peuvent procéder à une exécution sur distinctes interfaces [179]. Les agents mobiles transportent leur code, données et état avec eux, peuvent interrompre leur exécution et la reprendre ailleurs. Le code représente la partie de l'agent exécutée lors de sa migration, tandis que l'état est l'environnement de données de l'agent, incluant le compteur de programme et la pile d'exécution. Les données comprennent les variables utilisées par l'agent, telles que les connaissances et identificateurs de fichiers. [180]

En plus de la mobilité, l'agent mobile a de nombreux avantages et caractéristiques intéressantes qui nous motivent à les intégrer dans notre système d'apprentissage mobile, définis dans la sous-section suivante.

III.3.2 Les Systèmes Multi-Agents

Le système multi-agents (MAS) est caractérisé par un ensemble d'entités intelligentes (agents) qui collaborent au moyen de protocoles de communication définis pour atteindre des objectifs prédéfinis. Chaque agent a un domaine d'activité défini sur lequel il exerce un certain contrôle, c'est-à-dire un certain impact. Parfois, ces domaines se chevauchent, et dans ce cas, la coopération ou la collaboration entre les agents est nécessaire [197] [198]. La coopération entre agents est un processus de communication bidirectionnel qui peut dépendre des objectifs des agents, de leurs ressources et de leurs capacités. Les connaissances des agents et leur prise de conscience des connaissances des autres agents sont cruciales pour le développement de tout système multi-agents et constituent la principale caractéristique de toute la technologie. Dans un système multi-agents, il est souvent nécessaire que les agents soient conscients de leurs propres actions et capacités, ainsi que des actions entreprises par d'autres agents autour d'eux et des informations qu'ils possèdent (connaissances acquises grâce à la communication mutuelle) [199]. Outre la coopération et le nombre et les types d'agents dans le système, une autre caractéristique importante des systèmes multi-agents fait référence à la structure des objectifs. Le système peut avoir un but, dont la réalisation est le résultat de la coopération de tous les agents de l'environnement. Au sein du système, il peut également y avoir des sous-objectifs, de sorte que la coopération entre les agents n'est pas nécessaire et qu'un agent peut avoir plusieurs objectifs différents. Par conséquent, les caractéristiques de base du système multi-agents sont les suivantes [200] :

- Chaque agent a des informations et des capacités incomplètes pour résoudre le problème global.
- Il n'y a pas de contrôle global du système.
- Les données sont décentralisées.
- Le calcul est asynchrone Grâce à ses fonctionnalités et caractéristiques, le système multi-agents est une plate-forme prometteuse pour la construction de logiciels.

Les avantages des systèmes multi-agents dans les grands systèmes logiciels sont les suivants [201] :

- Accélération et efficacité (dues au calcul asynchrone et parallèle).
- Robustesse et fiabilité (l'annulation d'un agent entraîne une dégradation mais pas l'annulation de l'ensemble du système).
- Evolutivité et flexibilité (il est facile d'ajouter de nouveaux agents au système).
- Réduction des coûts (le prix d'un agent est beaucoup plus bas par rapport au prix du système) - développement et réutilisabilité (il est plus facile de développer et de maintenir modulaire que logiciel monolithique) Malgré ces avantages, il existe une opinion sur la nécessité de poursuivre les recherches dans le domaine du développement de logiciels à base d'agents avant que le paradigme multi-agent ne soit largement accepté.

III.3.3 Les systèmes d'apprentissage mobile à base d'agents

Le concept d'agent a été adopté par plusieurs systèmes d'apprentissage mobile, certains (tels que A. Andronico et al. [202], Chi-W L. et al. [203], Meere, D. et al. [204], L. Esmahi et E. Badidi [205], et V. Glavinic et al. [206]) utilisant des agents intelligents pour ajuster en temps réel le contenu de l'apprentissage. La technologie d'agent mobile a également suscité un nouveau domaine d'étude passionnant dans l'apprentissage mobile. Dans [207], Kinshuk a examiné comment cette technologie peut améliorer les environnements d'apprentissage mobiles et comment les agents mobiles peuvent aborder les obstacles limitant le potentiel de développement de ces environnements. L'utilisation d'agents mobiles, qui offrent une solution intelligente pour surmonter les limites de bande passante, a incité plusieurs auteurs à explorer leur rôle crucial dans la transmission sans fil (tels que SH. Hung et Chung [208], et S.G. Han et al. [209]). Ils ont adopté les agents mobiles comme solution flexible pour collecter le contenu pédagogique selon les besoins de l'apprenant. L. Esmahi et E. Badidi [205] ont conçu un système à base d'agents multiples pour fournir des services d'apprentissage mobile adaptatifs en adaptant les besoins d'instruction et en personnalisant le contenu de cours en fonction du modèle et du style de l'apprenant ainsi que de la stratégie d'apprentissage. Des agents fixes et mobiles sont utilisés afin d'assurer un ajustement en temps réel du contenu de cours et de l'interface. Leur architecture proposée présente le privilège d'être plus souple et évolutive.

Dans [210], les auteurs ont développé un système d'apprentissage M intelligent utilisant JADE pour les ordinateurs portables ou les tablettes PC qui utilisaient un test de compétence, mais ils n'ont pas expliqué le modèle sur lequel l'application était basée. Meere et al [211] ont proposé un environnement multi-agent basé sur une infostation de fourniture de m-learning. Le système cherche à intégrer les appareils mobiles des utilisateurs, facilitant une expérience d'apprentissage mixte, où un certain nombre de services mobiles d'apprentissage en

ligne (M-learning) complètent le paradigme d'apprentissage traditionnel. L'accès à ces services et ressources est facilité par des points d'accès sans fil intelligents (InfoStations), situés à divers endroits sur le campus universitaire. Ce système a été mis en place avec le JADELEAP. Glavinic et. Al. [212], dans leur travail ont présenté le M-learning basé sur le Mobile Intelligent Tutoring System (MITS), dans lequel ils ont discuté des différents types d'agents qui pourraient être utilisés. D'autres travaux de recherche multi-agents incluent l'utilisation d'agents anthropomorphes appliqués dans l'apprentissage en ligne en tant que tuteurs pour les étudiants [213], un mécanisme de découverte de ressources efficace basé sur plusieurs agents pour les systèmes Grid [214], l'utilisation d'immunisation artificielle et de multi-la technologie des agents pour fournir une meilleure capacité de recherche pour l'optimisation des fonctions de grande dimension [215], l'intégration de canaux de retour dans les architectures MAS existantes pour atteindre l'efficacité de la communication dans un système multi-robot pour la recherche et le sauvetage urbains [216], et l'étude du problème de consensus de performance garanti dans les systèmes multi-agents du second ordre [217].

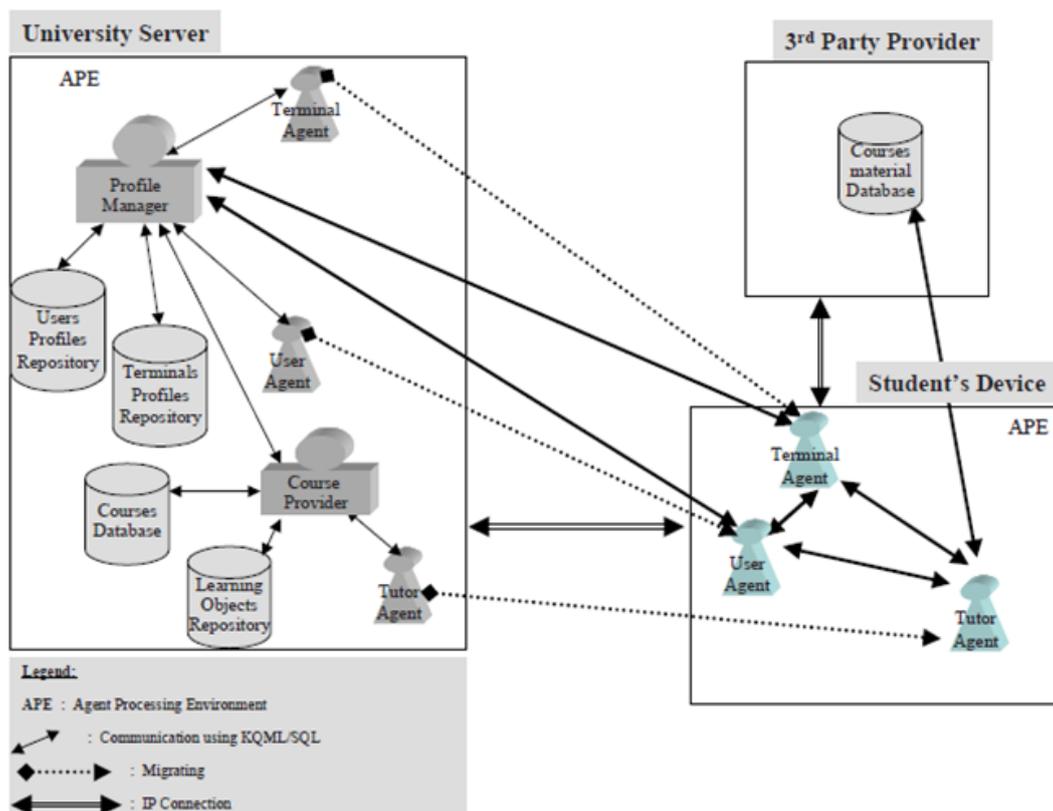


Figure III.2 – Architecture de système proposé dans (L. Esmahi et E. Badidi, 2004 [205])

III.4 Conclusion

L'intégration de la technologie d'apprentissage mobile et de Cloud Computing conduit à améliorer le système M-Learning. L'apprentissage mobile dans le Cloud a un impact positif sur

le processus d'apprentissage. L'apprentissage mobile utilisant le Cloud Computing améliorera le système d'éducation actuel et réduira les coûts. L'utilisation du Cloud Computing dans l'apprentissage mobile éliminera la faiblesse des appareils portables (ressource matérielle et logicielle). À l'avenir, l'informatique en nuage deviendra l'environnement et la plate-forme de base pour soutenir l'amélioration du système d'apprentissage mobile grâce aux services en nuage. D'autre part, un certain nombre d'auteurs s'accordent à dire que l'utilisation d'agents améliore considérablement les performances du système d'apprentissage mobile. La technologie des agents est la prochaine direction pour l'informatique, en particulier la plate-forme mobile qui dispose de faibles ressources et fonctionne sur des réseaux ubiquitaires sans fil. Les agents sont venus pour rester et pour changer l'approche client-serveur, car les agents mobiles permettent de traiter les informations localement, au lieu de transmettre les données sur un réseau, réduisant ainsi la surcharge du réseau. Cela explique également pourquoi l'application de M-learning basée sur les agents s'est avérée meilleure en termes de temps de réponse et de débit du réseau que sa version sans agent. Il s'agit d'une motivation importante pour un utilisateur d'utiliser une plate-forme d'apprentissage mobile basée sur des agents. Pour cela on a tenté de bénéficier des avantages et des inconvénients des travaux précédents dont nous avons proposé une nouvelle approche contextuelle adaptative à base d'agents pour le M-learning dans le Cloud Computing. Dans le chapitre suivant on va décrire cette approche en détails.

Chapitre IV

Architecture du Système d'apprentissage Mobile Sensible au contexte Adaptatif à base d'Agents dans le Cloud Computing

IV.1 Introduction

Le m-Learning suscite beaucoup d'intérêt de la part de nombreux savants, car il rencontre des difficultés liées aux instruments mouvants (puissance de traitement limitée, capacité mémoire réduite, batterie faible et écran de petite taille) et aux réseaux sans fil (latence élevée, connectivité aléatoire, bande passante limitée). En outre, le mouvement des étudiants engendre une conversion constante de leur situation. Pour faire face à ces obstacles, l'intégration de la réceptivité à la condition est cruciale pour le m-Learning. Il faut que les systèmes du m-Learning réagissent automatiquement et dynamiquement aux changements en fournissant des ressources d'apprentissage appropriées en fonction du contexte. De plus, il est important de tenir compte de la divergence des étudiants et de leurs compétences, centres d'intérêt et motivations en personnalisant l'apprentissage pour s'adapter aux besoins de chaque apprenant. La technologie des agents est considérée comme un dénouement encourageant pour résoudre les difficultés énoncées et faciliter l'utilisation d'approches d'apprentissage adaptatives, automatiques et autonomes.

Nous avons mis en place une architecture basée sur le Cloud Computing pour créer un système d'apprentissage adapté au contexte de chaque apprenant, offrant ainsi un environnement d'apprentissage mobile efficace, flexible et personnalisé en fonction des besoins de chacun. Ce chapitre décrit en détail cette approche.

IV.2 L'architecture proposée

L'architecture proposée dans cette étude a pour objectif de développer un système d'apprentissage mobile adaptatif et sensible au contexte. Elle est composée d'un «frontend» (application mobile basée sur Java et Jade Leap, et un agent nommé Learner Context) et d'un «backend» (hébergé dans le Cloud). L'application mobile gère les interactions utilisateurs et transmet les données au backend. L'agent de contexte d'apprenant détecte l'environnement d'apprentissage. Le backend est structuré en cinq couches : Interface et Communication, Décision, Contexte, Adaptation et Données. Les détails de ces agents seront décrits ci-dessous :

IV.2.1 L'agent de contexte d'apprenant (Learner Context Agent)

Le système de l'agent est installé sur le dispositif mobile de l'étudiant et rassemble des informations à partir des capteurs du téléphone (comme le GPS, le capteur de proximité, l'accéléromètre, le thermomètre) pour traiter les données liées aux événements. Il détecte le contexte de formation et réagit aux modifications. Il surveille et suit l'étudiant au cours de son processus d'apprentissage et enregistre ses actions et les données pertinentes. Il envoie des mises à jour sur l'emplacement actuel de l'étudiant au système pour personnaliser le contenu d'apprentissage selon la nouvelle position de l'utilisateur. En cas de déconnexion de l'étudiant, il enregistre son point d'arrêt pour le reprendre plus tard. Il permet à l'étudiant de communiquer avec le système central via une interface simple de l'application J2ME installée sur le téléphone. Il gère également l'enregistrement des nouveaux utilisateurs et l'identification des utilisateurs existants. Les fonctions principales de l'agent de contexte pour l'étudiant sont de servir de médiateur entre l'étudiant et le système central hébergé sur le Cloud, d'afficher et gérer le matériel d'apprentissage personnalisé en fonction du style d'apprentissage de l'étudiant et de la configuration de son téléphone, et de gérer l'inscription et l'identification des étudiants. Il affiche les unités de cours adaptées au contexte de l'apprenant. Il présente des tests à l'apprenant et affiche les résultats calculés à partir de leurs réponses. Il gère également la connexion et l'authentification de l'apprenant, vérifiant les informations saisies (par exemple, le numéro de téléphone ne doit pas contenir de lettres, l'email doit respecter le format [utilisateur@fournisseur.domaine]) et transmettant ces informations au module de communication pour mettre à jour la base de données du serveur.

IV.2.2 La couche d'interface et de communication (Interface and Communication Layer)

Cette couche est responsable de gérer les interactions et les communications entre l'application mobile, les agents des autres couches et les appareils des apprenants. L'agent d'interface s'occupe de l'authentification et de la vérification des autorisations des utilisateurs en vérifiant

le mot de passe. Il sert de point de communication entre les appareils des apprenants et le système. Il informe l'agent de profil à mettre à jour ou de stocker des informations sur le profil de l'apprenant. Il assure l'affichage des services et contenus d'apprentissage selon les préférences de l'utilisateur en collaboration avec l'agent de contexte. L'agent de communication est responsable de la communication entre les apprenants pendant le processus d'apprentissage pour échanger des idées et débattre.

IV.2.2.1 Agent d'interface (Interface Agent)

Le gestionnaire de communication sans fil a pour fonction de superviser les communications sans fil entre les agents de contexte de l'apprenant sur les appareils mobiles des apprenants et le serveur. Il s'occupe notamment :

- De l'authentification des nouveaux apprenants et de la vérification des autorisations d'utilisateurs en contrôlant les mots de passe.
- De faire office de liaison entre les appareils des étudiants et le système.
- De mettre à jour ou de stocker les informations sur le profil de l'apprenant à la demande de l'Agent feedback.
- De recevoir les informations émises par l'étudiant (nom d'utilisateur et mot de passe) envoyées par l'agent de contexte de l'apprenant.
- De comparer les informations émises avec celles de la base de données.
- De signaler un message d'erreur en cas d'échec.
- De demander à l'agent de profil de procréer à la création d'un profil d'étudiant contenant les informations précédentes.

L'agent d'interface est chargé de gérer l'envoi et la réception des messages entre l'agent de feedback. Il reçoit toutes les demandes envoyées par les apprenants via l'agent de contexte d'apprenant résidant sur leurs appareils mobiles, et les transmet à l'agent feedback qui, à son tour, les dirige vers les agents appropriés et renvoie les résultats à chaque apprenant selon sa demande.

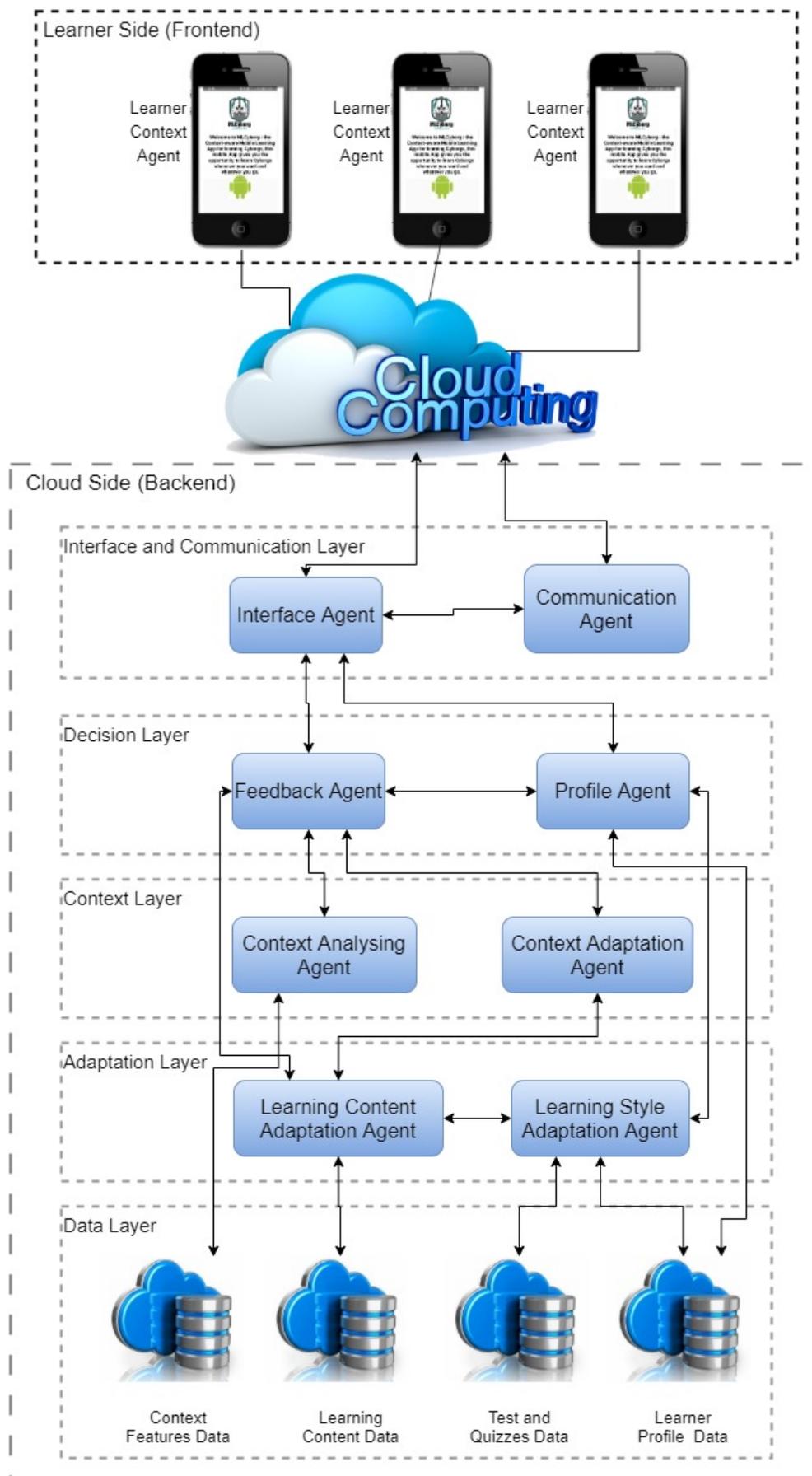


Figure IV.1 – Architecture proposée du MLS

IV.2.2.2 Agent Communication

La collaboration entre les apprenants est cruciale dans un système d'apprentissage mobile. Cet agent est responsable de la gestion des communications entre les apprenants et de la synchronisation des messages envoyés et reçus depuis et vers les appareils mobiles des apprenants. Il est chargé de la construction des messages, de leur envoi et de la réception des messages reçus. Grâce à cet agent, l'agent de contexte d'apprenant communique avec les autres agents sur des appareils différents.

IV.2.3 La couche de décision (Decision Layer)

Cette couche est chargée de gérer le profil de l'apprenant, de prendre des décisions sur les interventions appropriées et de gérer les relations entre les agents. L'agent de profil est le seul à pouvoir modifier et mettre à jour les données du profil de l'apprenant, avec l'aide de l'agent d'interface qui lui demande de créer un nouveau profil d'apprenant et informe l'agent des données modifiées dans le contexte de l'apprenant. L'agent de feedback détermine la rétroaction appropriée à fournir à l'apprenant via l'agent d'interface. Il agit comme un médiateur entre les agents du système et coordonne leur fonctionnement.

IV.2.3.1 Feedback Agent

C'est le noyau du système, il agit également en tant que médiateur et coordinateur entre les agents du système. Il permet aux agents de communiquer entre eux en envoyant et en recevant des messages, tous ces messages doivent passer par cet agent.

Pour assurer le bon fonctionnement et améliorer les performances du système, il est nécessaire d'avoir un composant qui assure la coordination et le contrôle entre les autres agents du système. Cet agent se charge de cette tâche de coordination et de synchronisation des actions effectuées par ces agents. Il surveille le fonctionnement du système, corrige les réponses des apprenants et calcule leurs résultats. Il envoie ensuite ces résultats à l'agent Interface qui les transmet à l'agent de contexte de l'apprenant pour les afficher. Il peut également effectuer cette tâche après avoir reçu une liste de tests adaptés et les avoir corrigés grâce à l'agent Adaptation Engine qui prépare des tests adaptés au niveau de l'apprenant. Enfin, il enregistre les résultats de l'apprenant dans son profil.

Cet agent gère (et met à jour) les bases de données système, telles que les bases de données de profils d'apprenants. Son fonctionnement est décrit comme suit :

- Cet agent s'occupe de l'authentification des apprenants en vérifiant les informations saisies par eux (nom d'utilisateur et mot de passe) envoyées par l'interface utilisateur.
- Lorsque l'agent de profil reçoit ces informations avec une demande de sauvegarde, il crée un nouvel enregistrement dans la base de profils contenant les informations de

cet apprenant.

- Après chaque test, il met à jour la base de profils en enregistrant les résultats.
- Il compare également les informations saisies avec celles de la base de données.
- En cas d'échec d'authentification, il envoie un message à l'agent tuteur indiquant le type d'erreur.

IV.2.3.2 Agent de profile (Profile Agent)

Cet agent se charge de la gestion (et la mise à jour) des bases de données de système (BD de profile de l'apprenant) le fonctionnement de l'agent est comme suit :

- L'authentification des apprenants par la réception de données saisie par l'apprenant (nom d'utilisateur et du mot de passe), envoyé par l'agent interface qui sont envoyé par l'agent de l'interface.
- Lorsque l'Agent de profile reçoive ces informations de l'agent interface avec une demande de sauvegarde il créer un nouvel enregistrement dans la base de profil contient les informations relatives à cet apprenant.
- Après chaque test il mettre à jour la base de profil par l'enregistrement de résultat de test.
- Comparaison des données saisies avec ceux de la base de données.
- En cas d'échec il envoie un message à l'agent tuteur indiquant le type d'erreur.

IV.2.4 La couche de contexte (Context Layer)

Cette couche est responsable de la détection et de la gestion des changements de contexte. Les agents échangent des informations entre les couches. L'agent de contexte de l'apprenant et l'agent d'analyse de contexte travaillent ensemble pour traiter les événements provenant des capteurs. Le rôle de l'agent d'analyse de contexte est de dépouiller les informations provenant de l'agent de contexte d'apprentissage afin d'identifier les données liées au contexte. Il traite les données reçues de l'agent de contexte d'apprentissage, les modèles et les classe pour un traitement efficace par l'agent d'adaptation de contexte. Ce dernier utilise les informations collectées par l'agent d'analyse de contexte pour les intégrer dans les supports d'apprentissage adaptatifs, puis les fournir à l'apprenant.

IV.2.4.1 L'agent d'analyse de contexte (Context Analysing Agent)

Cet agent analyse et modèle le contexte de l'étudiant tout en prenant en considération des facteurs tels que la localisation, la présence d'un compagnon, la forme d'instruction et les préférences de l'apprenant. Cela traite les informations pour en extraire les informations pertinentes, les hiérarchise et les transmet à l'agent d'adaptation de contexte. Il maintient également une

base de données de contexte qui associe les informations sur le profil de l'apprenant aux données de contexte, et la met à jour en fonction des modifications du contexte.

IV.2.4.2 Agent de l'adaptation de contexte (Context Adaptation Agent)

L'agent d'adaptation de contexte utilise les informations récupérées par l'agent d'analyse de contexte pour s'adapter à celui-ci. Par exemple, si l'apprenant a une connexion à bande passante limitée, il peut réduire le contenu multimédia ou le remplacer par un contenu textuel. En se basant sur le contexte actuel, il prévoit également les futurs contextes et effectue les actions appropriées, comme envoyer des données de petite taille dans l'exemple précédent. Il transmet les informations de contexte via l'agent d'analyse de contexte qui les sauvegarde et les intègre avec un contenu d'apprentissage adaptatif.

IV.2.5 La couche de l'adaptation (Adaptation Layer)

Cette couche comprend l'agent d'adaptation de style d'apprentissage, qui travaille en tandem avec l'agent d'adaptation de contenu d'apprentissage pour fournir un contenu d'apprentissage et une évaluation, personnalisés correspondant au contexte actuel de l'apprenant. Les deux agents peuvent ajouter, modifier ou supprimer des éléments de contenu d'apprentissage, des tests et des questionnaires pour le processus d'évaluation. L'agent d'adaptation de style d'apprentissage associe le contenu d'apprentissage approprié en fonction du style d'apprentissage de l'apprenant, qui sera choisi ultérieurement par l'agent d'adaptation de contenu d'apprentissage. Ce dernier gère les connaissances sur les cours et les stratégies de tutorat et prépare les supports de cours et les tests en fonction du profil de l'utilisateur.

IV.2.5.1 Learning Content Adaptation Agent

Cet agent se spécialise dans la personnalisation du matériel d'apprentissage selon les besoins et les caractéristiques de l'étudiant. Il travaille avec les outils d'enseignement (OE) incluant de distinctes formes de leçons (texte, image, audio, etc.) et détermine les OE pertinents pour l'étudiant selon son profil. Ces OE seront ensuite filtrés par le second module (module d'adaptation du contenu) en fonction des caractéristiques du dispositif mobile de l'étudiant. L'agent effectue également la besogne la plus complexe du système en comparant les résultats de l'adaptation du contexte et de l'adaptation du style d'apprentissage. Il reçoit une liste de cours appropriés au style d'apprentissage de l'étudiant et une liste de cours correspondant au contexte actuel, puis fusionne ces deux listes pour les envoyer à l'agent de feedback qui les transmettra à l'agent de contexte de l'étudiant pour être affichés à l'étudiant.

IV.2.5.2 Learning Style Adaptation Agent

Le système personnalise le contenu d'apprentissage pour les différents styles d'apprentissage des apprenants. C'est l'agent d'adaptation de style d'apprentissage qui est chargé de cette tâche. Il adapte le contenu aux styles d'apprentissage et aux profils des apprenants. Il peut adapter les sections des cours et le contenu à l'appareil mobile de l'apprenant. Il prépare également les tests pour évaluer les progrès de l'apprenant et les envoie à l'agent de feedback. Les tests sont adaptés au niveau de l'apprenant et à la complexité des cours et sont automatiquement corrigés. Chaque test a un délai bien défini.

IV.2.6 Data Layer

La couche de stockage de données stocke les informations d'apprentissage, les questionnaires, les informations sur les utilisateurs et les données contextuelles collectées par l'agent de contexte. Nous utilisons des services de stockage Cloud pour cette couche, qui comprend quatre bases de données distinctes pour différents types de données.

- Données de profil de l'apprenant : comprenant des informations personnelles comme les coordonnées, les préférences et les catégories de l'apprenant.
- Données sur les caractéristiques contextuelles : comprenant des informations relatives au contexte d'apprentissage, notamment l'emplacement, les compagnons, l'heure et les préférences d'apprentissage de l'apprenant basé sur la théorie de Felder et Silverman (1988) [147].
- Données de contenu d'apprentissage : comprenant les cours disponibles pour l'apprenant, présentés sous forme d'objets d'apprentissage adaptés aux différents styles d'apprentissage de l'apprenant.
- Données de tests et quiz : comprenant les activités d'apprentissage, les exercices, les évaluations et les résultats obtenus par l'apprenant.

IV.2.7 Communication entre les Agents

L'agent de contexte collecte des données des capteurs de l'appareil mobile (GPS, capteur de proximité, accéléromètre, thermomètre) pour créer un message contenant des informations contextuelles comme les préférences d'apprentissage, l'emplacement, l'heure et les compagnons de l'apprenant. Il envoie ce message à l'agent d'interface qui détermine les modifications de l'environnement et l'envoie à l'agent de feedback pour personnaliser le contenu d'apprentissage en fonction des nouveaux détails du profil de l'apprenant. L'agent d'analyse de contexte analyse les données pour les hiérarchiser et les transmettre à l'agent d'adaptation de contexte qui prévoit le contexte futur et exécute les activités appropriées. Le contexte est enfin enregistré et intégré au contenu d'apprentissage pour être chargé dans l'application mobile de l'apprenant.

En fait, l'agent d'adaptation de contexte transmet le contexte au module d'adaptation via l'agent de rétroaction, qui à son tour enregistre le contexte d'apprentissage et l'intègre au contenu d'apprentissage d'adaptation. Ensuite, le matériel de cours personnalisé sera chargé et affiché à l'apprenant par l'interface graphique de l'application mobile dans l'appareil de l'apprenant. La figure IV.2 montre le diagramme de class de l'implémentation. La figure IV.3 présente le diagramme de séquence de la communication entre les agents dans le processus de lancement du cours.

En résumé, l'Agent de Contexte collecte des données à partir des capteurs de l'appareil mobile pour créer un message contenant des informations contextuelles, qui est ensuite traité par différents agents pour adapter le contenu d'apprentissage en fonction du contexte actuel de l'apprenant. Les données sont hiérarchisées, analysées et utilisées pour prévoir le contexte futur et adapter le contenu d'apprentissage de manière efficace pour l'apprenant.

IV.3 Les diagrammes de class et de séquence

Le système conçu est organisé en trois classes principales : Apprenant, Cours et Test. Chaque utilisateur est caractérisé par des informations personnelles (Learner profile ; nom, adresse email, date de naissance, genre), des informations contextuelles (emplacement, domaine d'étude, niveau) et des préférences d'apprentissage (Learning Styles). Les cours sont structurés en sujets composés d'unités de cours, disponibles sous différents formats (texte, vidéo, audio, théorie et principe, etc.). Les tests sont constitués de questions ayant des réponses correctes et incorrectes.

Chaque utilisateur reçoit un test adapté qui le différencie des autres. Ainsi, la Figure IV.3 montre un exemple de test pour un utilisateur spécifique. Les questions et réponses sont choisies par l'administrateur pour évaluer le niveau de connaissances de l'utilisateur.

Notre objectif est de fournir un apprentissage personnalisé en prenant en compte le contexte, les styles d'apprentissage et les préférences de l'apprenant. Le système est décrit dans le diagramme d'activité (Figure IV.3) et s'exprime comme suit :

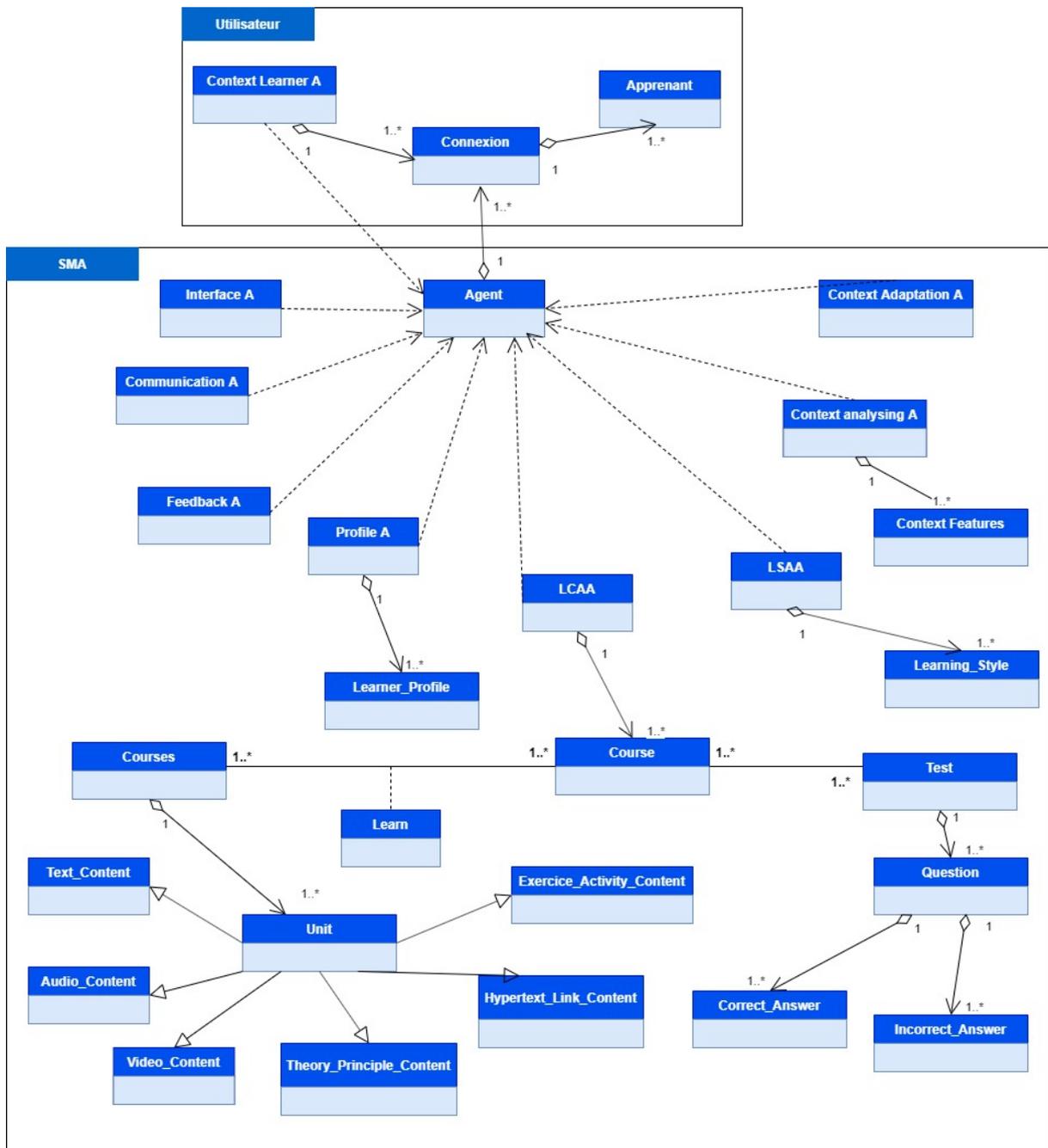


Figure IV.2 – Diagramme de class du système.

Nous avons utilisé le langage UML pour modéliser les interactions entre les agents de notre système afin de montrer comment il fonctionne et les différents scénarios.

Scénario 1 : Inscription d'un nouvel apprenant

- L'apprenant ouvre l'application sur son appareil mobile.
- L'écran d'accueil s'affiche avec les options «S'inscrire» ou «Se connecter» pour l'utilisateur. Si c'est un nouvel utilisateur, il doit choisir «S'inscrire».
- L'utilisateur doit remplir les champs d'inscription (identifiant, mot de passe, numéro de téléphone, âge, email).
- Lorsque l'utilisateur appuie sur «S'inscrire», les informations saisies sont envoyées à l'Agent Interface.
- L'Agent Interface vérifie si l'identifiant est déjà utilisé dans la base de données de profils d'utilisateurs. Si c'est le cas, un message indiquant de choisir un autre identifiant est envoyé à l'utilisateur. Sinon, un nouveau profil est créé pour l'utilisateur.
- L'utilisateur est ensuite invité à passer un test de style d'apprentissage, qu'il peut choisir de passer ou non. Si l'utilisateur passe le test, le résultat est utilisé pour mettre à jour son profil d'apprenant. Sinon, un style d'apprentissage par défaut est attribué à l'utilisateur et enregistré dans son profil.

Scénario 2 : Connexion de l'apprenant au système

- L'apprenant ouvre l'application sur son appareil mobile.
- L'écran d'accueil s'affiche avec les options «S'inscrire» ou «Se connecter» pour l'utilisateur. Si l'utilisateur est déjà inscrit, il doit choisir «Se connecter» et saisir son identifiant et mot de passe.
- L'identifiant et le mot de passe sont vérifiés par l'Agent Interface en comparant les informations avec celles stockées dans la base de données de profils d'utilisateurs.
- Si l'identifiant ou le mot de passe est incorrect, un message d'erreur est affiché pour informer l'utilisateur.
- Si la vérification est réussie, la session de l'utilisateur est ouverte et le contexte de l'utilisateur (dernière page visitée et profil) est chargé. Les différentes fonctionnalités disponibles pour l'utilisateur sont affichées.
- L'Agent Interface informe l'Agent Feedback que l'utilisateur est connecté.

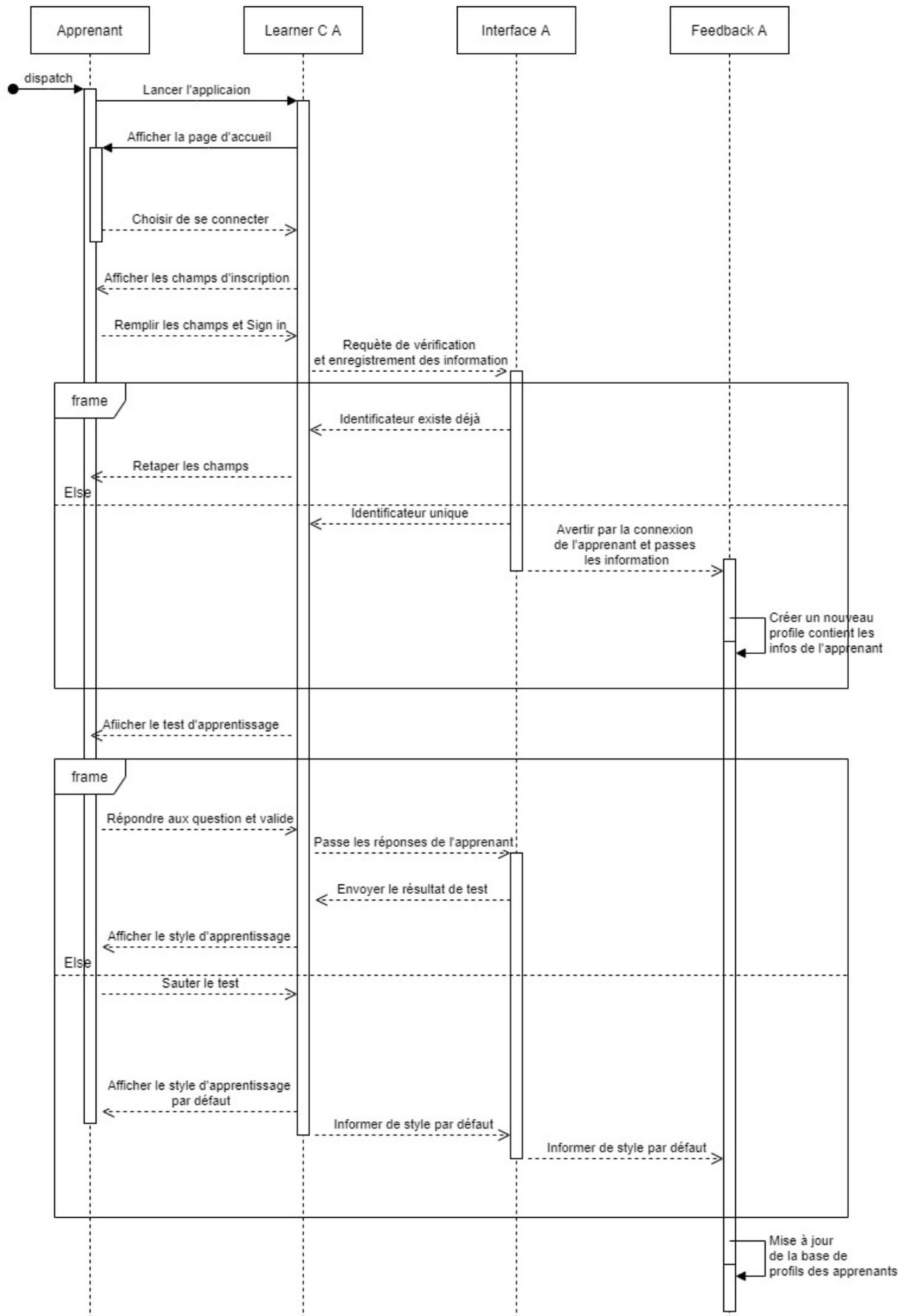


Figure IV.4 – Diagramme de séquence UML de scénario 1

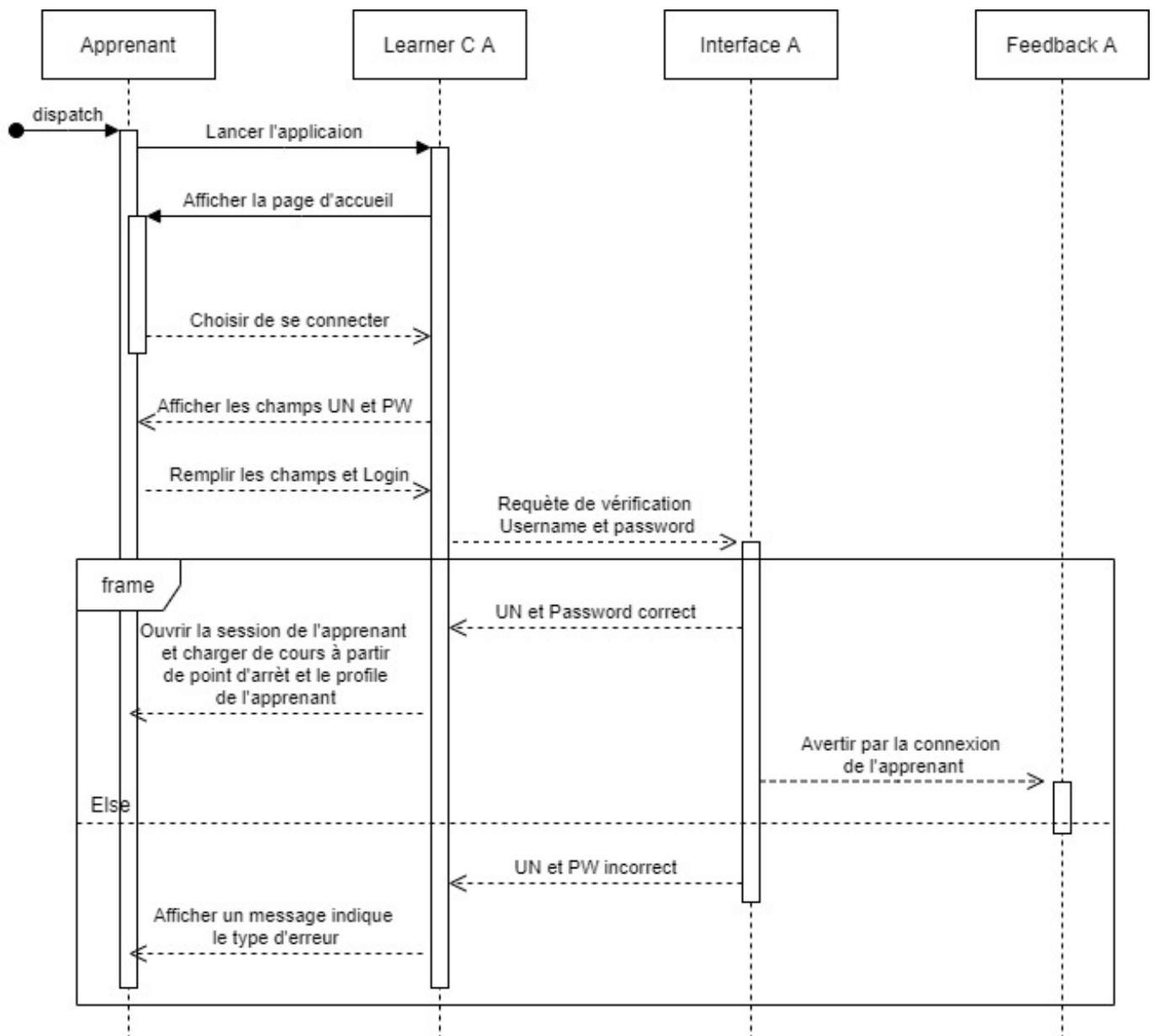


Figure IV.5 – Diagramme de séquence UML de scénario 2

Scénario 3 : Démarrage du cours

- Suite à sa connexion, l'étudiant peut choisir de mettre à jour son profil ou démarrer la formation en cliquant sur «Start the Course».
- L'interface d'agent envoie la demande de démarrage de formation à l'agent de feedback, qui la transmet à l'agent d'adaptation de contexte.
- L'agent d'adaptation de contexte recueille les informations contextuelles de l'étudiant, les enregistre dans la base de données et les transmet à l'agent de feedback.
- L'agent de feedback transmet les informations contextuelles à l'agent d'adaptation de contenu qui sélectionne la section de formation adaptée au niveau, au profil et au style d'apprentissage de l'étudiant, en suivant les règles définies par l'agent d'adaptation de contexte.

- La section de formation adaptée est envoyée à l'interface d'agent, qui la décompose en unités pour les envoyer à l'étudiant.
- Lorsque l'étudiant termine une unité, il envoie une demande pour la suivante jusqu'à ce qu'il termine la section de formation.
- Si l'étudiant se déconnecte, son contexte et son point d'arrêt sont enregistrés pour qu'il puisse continuer là où il en était lors de sa prochaine connexion.

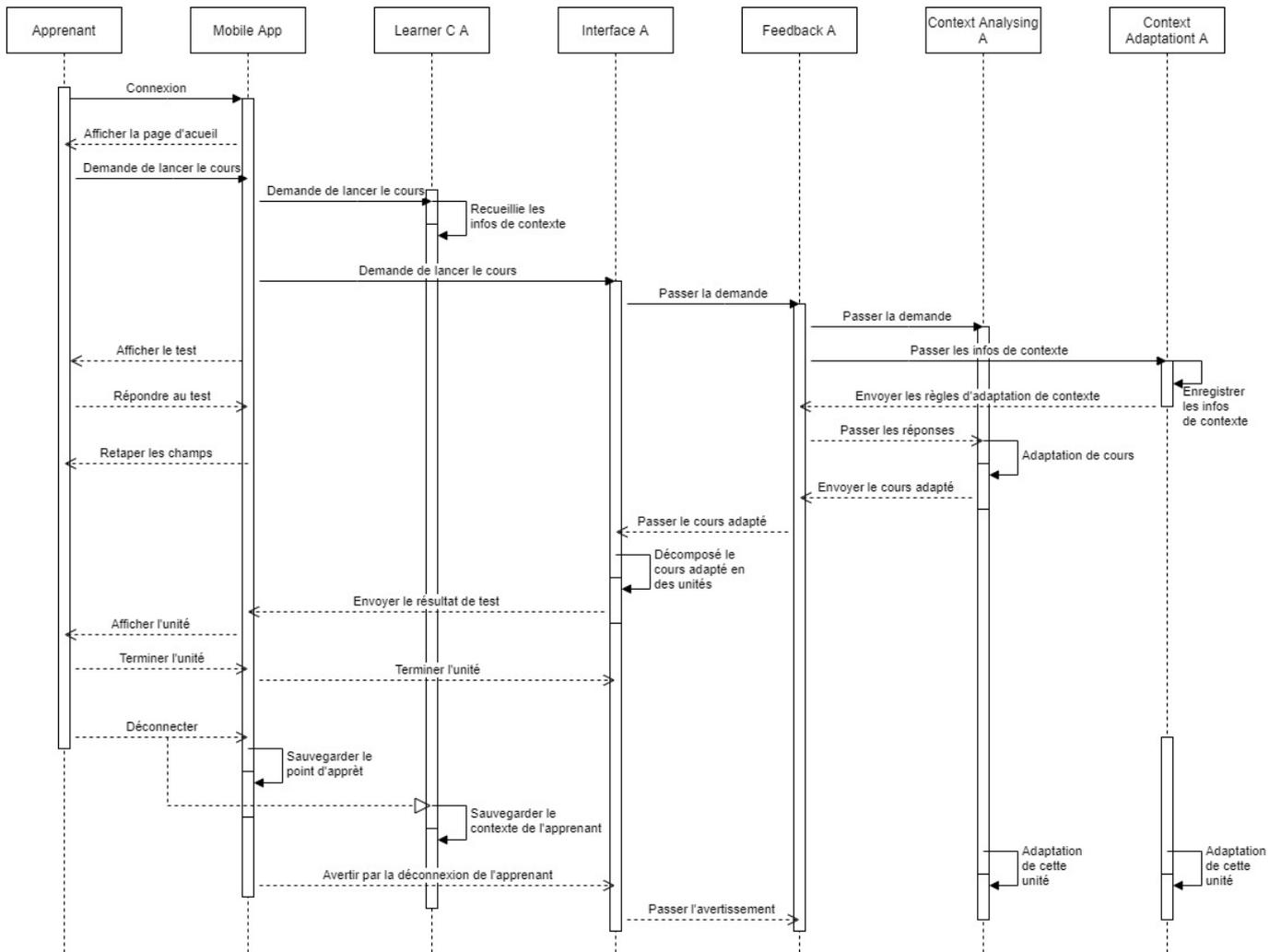


Figure IV.6 – Diagramme de séquence UML de scénario 3

Scénario 4 : Évaluation de l'apprenant

- Lorsque l'étudiant achève une section du cours, l'interface agente sollicite l'agent de feedback pour préparer un test adapté à son niveau et profil.
- L'agent d'adaptation de contenu crée un test QCM sur les connaissances acquises dans cette section.
- Le test est transmis à l'interface agente pour être présenté à l'étudiant.
- Pendant le test, l'agent contextuel observe le comportement de l'étudiant (durée, nombre de modifications de réponses).

- Lorsque l'étudiant valide ses réponses, elles sont envoyées à l'agent de feedback pour correction et notation.
- Les résultats et la correction sont affichés à l'étudiant.
- Selon les résultats, l'agent de feedback décide si l'étudiant doit passer à la section suivante ou s'il faut ajouter des explications supplémentaires à la section en cours.
- Si le score est supérieur ou égal à 10, l'étudiant réussit le test et l'agent de feedback demande à l'agent d'adaptation de contenu de préparer la section suivante en fonction du style, profil et contexte de l'étudiant.
- Si le score est inférieur à 10, l'étudiant échoue le test et l'agent de feedback demande à l'agent d'adaptation de contenu d'ajouter des détails et explications à la section en cours.
- L'agent d'adaptation de contenu envoie la section avec les explications supplémentaires à l'agent de feedback qui les transmet à l'interface agente pour être affichées à l'étudiant.

IV.4 Profil de l'apprenant

Il est important de créer un modèle de l'apprenant pour fournir une description détaillée et précise des comportements de cet utilisateur et pour offrir un apprentissage personnalisé. Chaque apprenant a besoin d'un modèle unique. Pour comprendre l'apprenant, nous devons collecter une variété d'informations telles que les styles d'apprentissage, la connaissance du domaine, les progrès, les préférences, les objectifs, les intérêts, etc. Dans notre travail, nous modélisons l'apprenant en fonction de deux facteurs comportementaux et de connaissances.

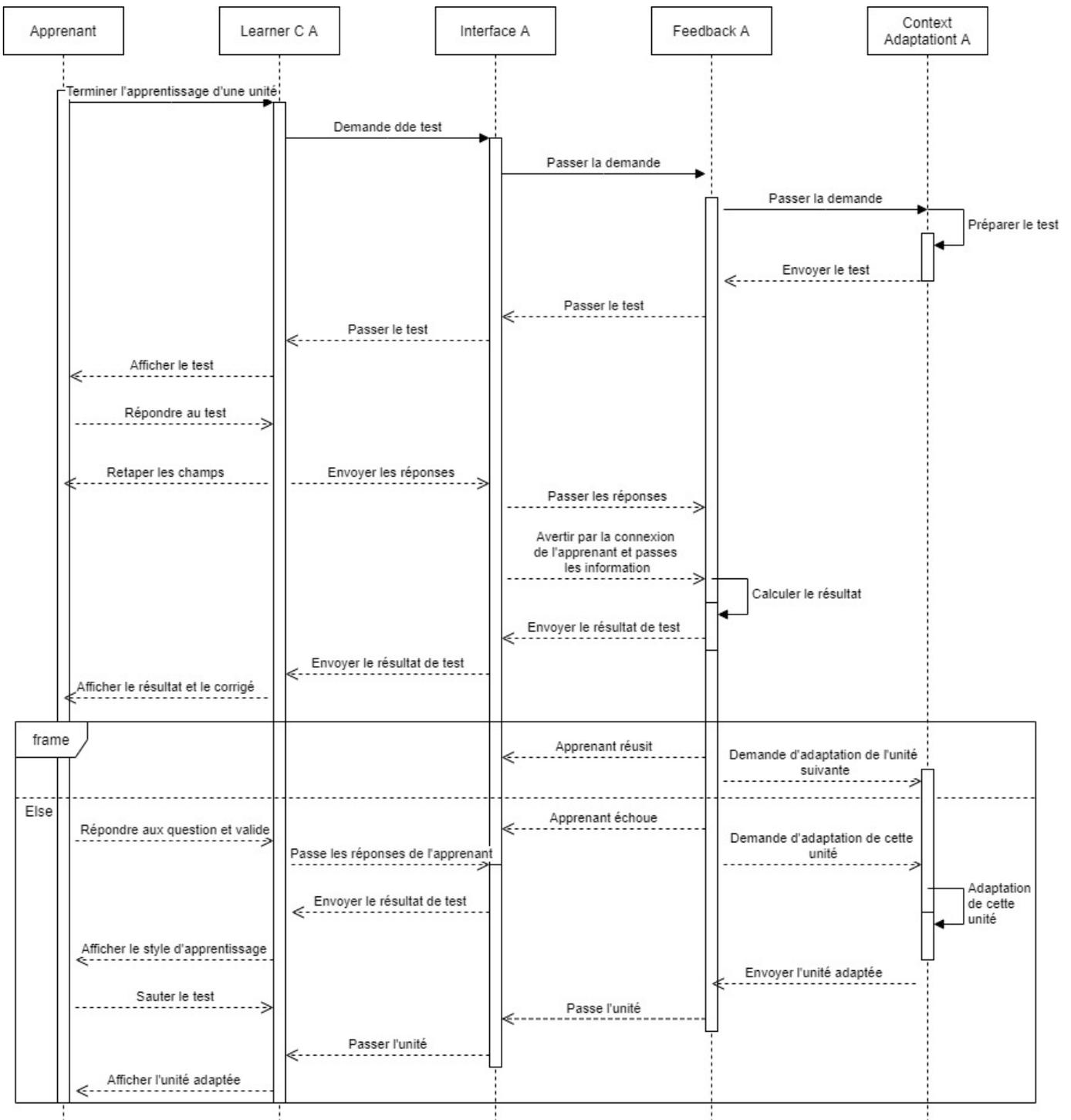


Figure IV.7 – Diagramme de séquence UML de scénario 4

Modélisation de l'apprenant est cruciale pour donner une description aussi complète et fidèle que possible de tous les aspects relatifs aux comportements de cet utilisateur, et pour offrir un apprentissage adaptable. Chaque apprenant nécessite un modèle individualisé des étudiants. Pour connaître l'apprenant, nous avons besoin de garder une variété d'informations sur l'apprenant, comme les styles d'apprentissage, la connaissance du domaine, les progrès, les préférences, les objectifs, intérêts, etc. Dans notre travail, comme dans [86], nous modélisons

l'apprenant en fonction de deux facteurs qui sont des facteurs comportementaux, les facteurs de connaissances.

IV.4.1 Les facteurs comportementaux

Les facteurs comportementaux se réfèrent aux actions de l'apprenant pendant l'apprentissage. Les informations sur les actions des apprenants incluent :

- Le type d'action,
- L'identité de l'apprenant,
- Le responsable de l'action,
- Le nom de l'action (recherche, visualisation de cours, connexion, etc.),
- Le moment où l'action a commencé,
- Le moment où l'action s'est terminée,
- La description de l'action,
- Le nombre d'utilisations de chaque type de média.

IV.4.2 Facteurs liés aux connaissances

Le système d'apprentissage adaptatif est conçu pour choisir automatiquement le type de ressource approprié pour l'apprenant. Il n'est donc pas nécessaire de conserver des informations détaillées sur toutes les ressources d'apprentissage. Les champs suivants suffisent pour stocker les connaissances de l'apprenant sur le contenu du cours.

- L'identité du contenu,
- L'identité de l'élément de contenu,
- Le type de l'élément de contenu (parmi les 25 types disponibles),
- Le niveau de compréhension de l'apprenant (compris, non-compris, mal-compris),
- Les résultats des évaluations,
- Date de la dernière modification.

Comme pour le profil de l'apprenant, nous créons un profil de contenu de cours qui comprend les champs suivants :

- Identité du cours.
- Nombre d'occurrences de chaque type de contenu.

Dans notre étude, nous avons utilisé 25 types de contenus différents pour l'apprentissage, tels que :

Activité, Audio, Concept, Concept Map, Critique, Donnée, Définition, Diagramme, Discussion, Exemple, Exercice, Expérience, Formule, Image, Index, Principe, Question, HyperText, Faits, Programme, Tableau, Texte, Théorie, Vidéo, diaporama. Nous avons utilisé ces types de contenus pour adapter le contenu d'apprentissage en fonction du profil de l'apprenant.

Style de l'apprenant	Type de ressources
Sensoriel	Donnée, définition, expérience, Fait, concept.
Intuitive	Formule, théorie, principe.
Visuel	Image, diagramme, vidéo, diaporama, Concept map, table.
Verbal	Audio, texte.
Active	Exemple, exercice, activité, Discussion.
Réflexif	Question, critique.
Réflexif	Question, critique.
Global	Concept map, programme, index.

Tableau IV.1 – Les styles d'apprentissage et les types de ressource d'apprentissage appropriés

L'adaptabilité est mise en œuvre en personnalisant et en adaptant les liens dans les pages en fonction des styles d'apprentissage et des préférences de l'apprenant. Ainsi, lorsque l'apprenant avance dans l'arborescence, le niveau de détail augmente avec la complexité des informations.

IV.5 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté une nouvelle approche pour l'apprentissage mobile qui vise à améliorer l'alignement entre les préférences pédagogiques et les contextes des apprenants, qui est un défaut des outils actuels. Nous avons proposé une architecture multi agents pour la mise en œuvre d'un système d'apprentissage mobile qui prend en compte le contexte et offre un contenu d'apprentissage personnalisé grâce au Cloud Computing. Notre objectif était de créer un système qui fournit un contenu adapté aux besoins de chaque apprenant en fonction de son contexte et de son style d'apprentissage. Nous avons utilisé des agents pour profiter de leurs avantages tels que l'autonomie, la réactivité, la proactivité, la sociabilité et la flexibilité. En utilisant le Cloud Computing, nous avons éliminé les limites des appareils mobiles et augmenté la portée du matériel d'apprentissage. Le système a été testé avec des étudiants de deux domaines et universités différentes. Dans le chapitre suivant, nous allons décrire la méthodologie utilisée pour développer cette approche.

Chapitre V

Implémentation et Validation du Système

V.1 Introduction

Dans le chapitre précédent, nous avons présenté une approche basée sur des agents pour l'apprentissage mobile. Nous avons utilisé des agents pour tirer parti des avantages de ce paradigme tels que l'autonomie, la réactivité et la socialité. Cependant, nous avons dû gérer les problèmes de réseaux sans fil en utilisant le Cloud Computing. Nous avons choisi JADE (Java Agent Development Framework) comme plateforme d'agents, car elle est développée en Java, dotée d'une interface graphique et peut être répartie sur plusieurs serveurs. Pour mettre en œuvre et valider nos propositions, nous avons développé une application Android appelée «ML Cyborg» qui est une application d'apprentissage mobile sensible au contexte pour l'apprentissage des Cyborgs. Elle fonctionne comme une interface entre l'utilisateur et le Cloud AWS. Elle est basée sur Java et Jade LEAP, elle contient l'interface graphique qui gère les interactions des utilisateurs via les connexions TCP et transfère les données vers et depuis les agents qui sont exécutés sur la plateforme JADE.

Dans ce chapitre, nous allons montrer le système et l'application mobile qui mettent en œuvre notre architecture. Tout d'abord, nous commençons par une présentation rapide de l'environnement de développement, puis nous présentons une analyse statistique sur l'acceptabilité de l'apprentissage mobile par les étudiants de l'université de Middlesex à Londres, au Royaume-Uni. Dans cette étude, nous cherchons à comprendre quels contextes d'apprentissage sont importants pour le processus d'apprentissage mobile, du point de vue des apprenants, et à comprendre leurs besoins et préférences afin de les utiliser dans notre approche d'apprentissage mobile sensible au contexte. Ensuite, nous décrivons en détail les interfaces de notre application mobile. Enfin, nous validons ce système dans des contextes d'apprentissage réels en développant une appli-

cation mobile Android qui a été testée dans le système d’enseignement supérieur anglais et algérien. L’évaluation du modèle a été menée auprès d’étudiants de la faculté d’informatique de l’université de Middlesex à Londres, ainsi qu’auprès d’étudiants de la faculté des sciences et technologies de l’université de Tébessa.

V.2 Outils de développement

Nous allons décrire les outils de développement utilisés pour créer notre système, notamment la plateforme Jade et jade-LEAP, ainsi que j2me et le Cloud AWS.

V.2.1 Plateforme JADE

JADE (Java Agent Development Framework) [218] est un cadre de développement open source en Java distribué par Telecom Italia sous licence LGPL. Il a pour but de faciliter la création de systèmes multiagents en fournissant un middleware et des outils graphiques.

JADE respecte les normes FIPA en proposant un système de gestion d’agents (AMS) avec enregistrement automatique des agents, un annuaire (DF) et un canal de communication entre agents (ACC). Il fournit également des outils graphiques pour la gestion des agents, tels que l’agent Dummy pour envoyer et recevoir des messages ACL et l’agent Sniffer pour surveiller les communications entre les agents.

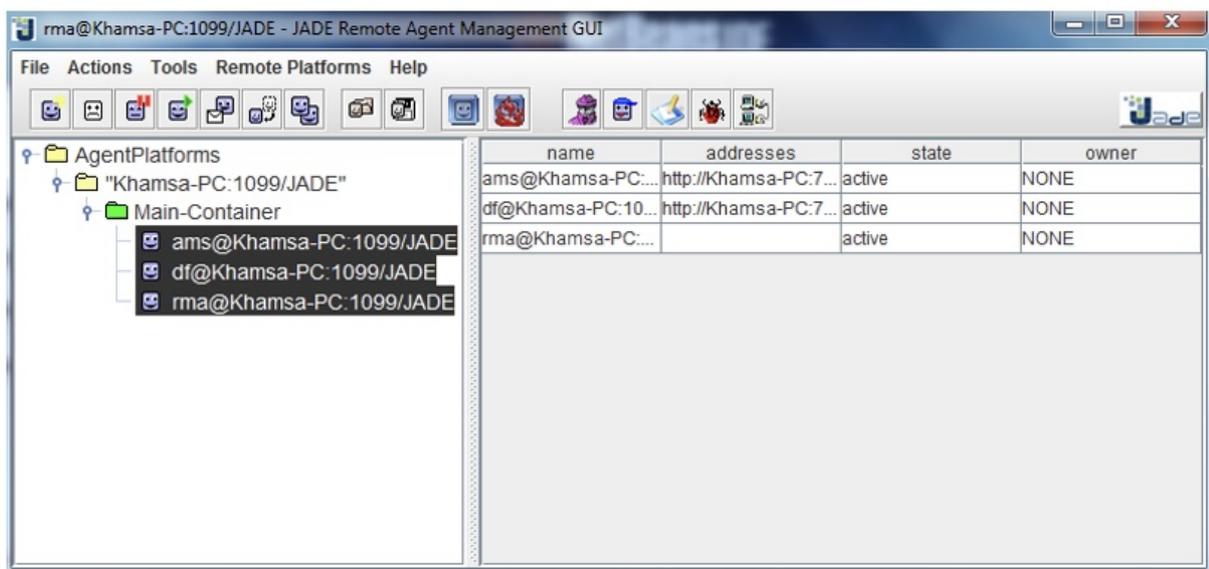


Figure V.1 – Interface graphique de la plate-forme JADE.
[218]

JADE est un outil pour créer des systèmes multiagents comprenant :

- Un environnement dans lequel les agents JADE s'exécutent sur un hôte spécifique.
- Une bibliothèque de classes utilisée pour développer de nouveaux agents.
- Une série d'outils graphiques permettant de gérer les agents en temps réel.

Les termes importants de JADE incluent :

- Container : un environnement JADE sur une machine hôte où les agents s'exécutent. Il y a un container appelé Main Container qui gère les autres containers dans un système.
- Plateforme : un ensemble de containers dans un même système, avec un seul Main Container.
- AMS (Agent Management System) : un agent de système qui fournit des services de gestion des noms.
- DF (Directory Facilitator) : un autre agent de système qui aide les agents à trouver leurs partenaires.
- Les agents : des agents développés par les développeurs, placés dans les containers.

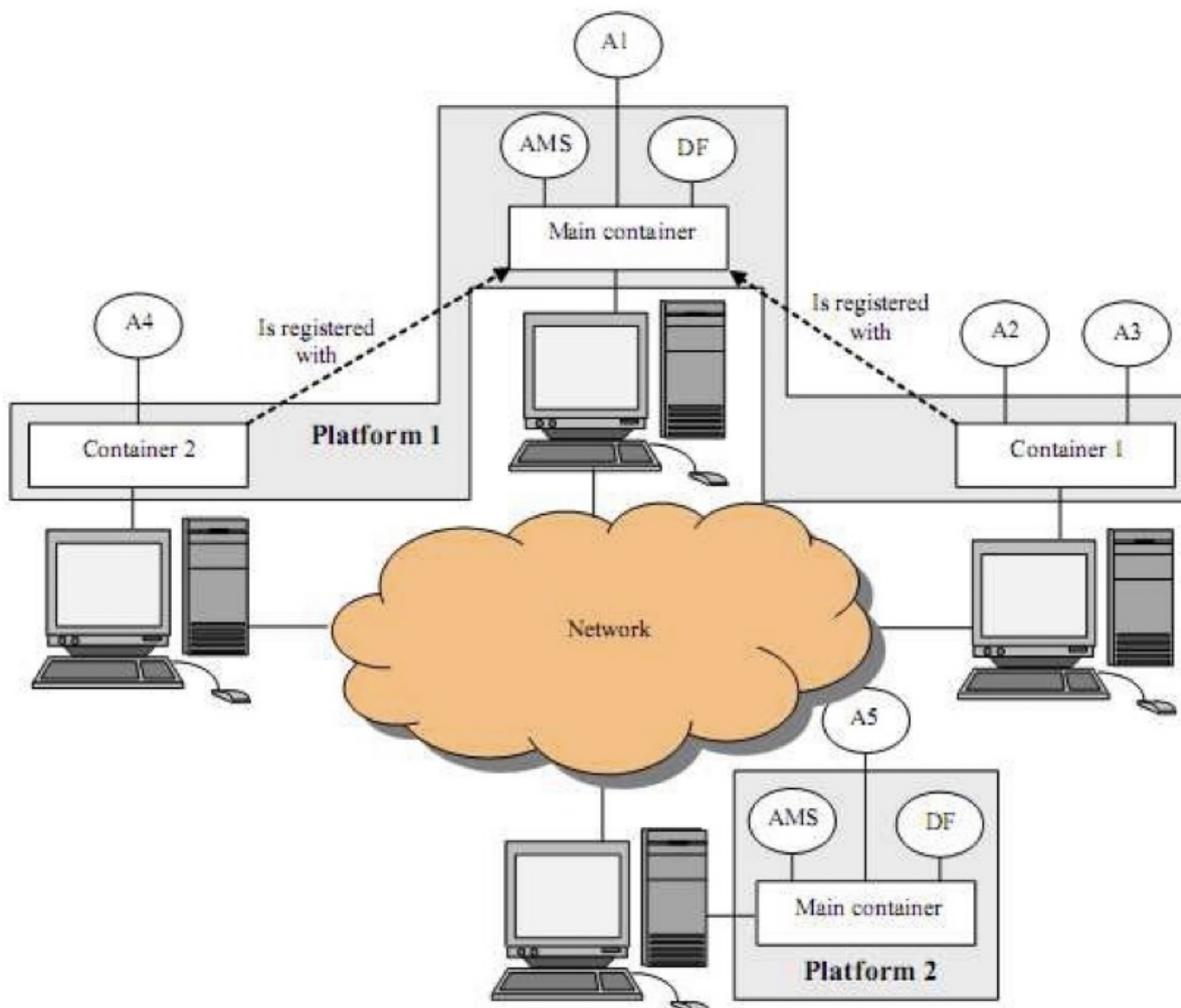


Figure V.2 – Plateformes et Container de JADE
[218]

V.2.1.1 Les agents dans JADE

JADE est une plateforme d'agents distribuée qui permet de répartir les agents sur plusieurs serveurs sans barrière de sécurité entre eux. Chaque serveur exécute la JVM (Java Virtual Machine) et une application basée sur des agents (implémentés sous forme de threads et dotés d'un identifiant unique global).

En général, un agent JADE possède six états [218] :

- Initial : l'objet agent est créé, mais n'est pas encore enregistré auprès de l'AMS (Agent Management System) et n'a pas encore de nom ni d'adresse. Il ne peut pas encore communiquer avec les autres agents.
- Actif : l'objet agent est activé et enregistré auprès de l'AMS, il possède son propre nom et adresse.
- Suspendu : l'objet agent est arrêté, ses comportements ne sont plus exécutés.
- En attente : l'objet agent est bloqué en attente d'une action ou d'une réponse.
- Inconnu : l'objet agent est définitivement supprimé et n'existe plus dans le système.
- Transfert : un agent mobile se déplace vers un nouvel emplacement.

V.2.1.2 Plateforme Jade-LEAP

Nous avons utilisé la plateforme JADE-LEAP (Lightweight and Extensible Agent Platform), une extension de JADE qui permet de déployer des agents non seulement sur des ordinateurs et des serveurs, mais également sur des appareils avec des ressources limitées comme les téléphones mobiles compatibles Java. Pour atteindre cet objectif, JADE-LEAP peut être adapté de différentes manières aux configurations de Java Micro Edition et Android Dalvik Java Virtual Machine. [219]

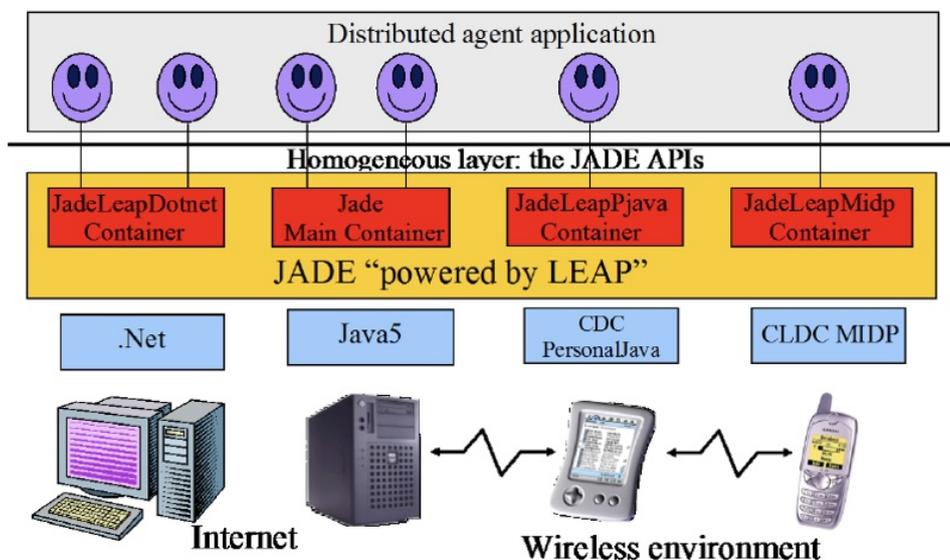


Figure V.3 – L'environnement d'exécution de JADE-LEAP [219]

Nous avons utilisé différentes configurations de JADE-LEAP pour exécuter sur des appareils différents :

- Pjava pour les appareils portables supportant J2ME CDC ou Personal Java comme les PDAs.
- Midp pour les appareils portables supportant MIDP uniquement, comme les téléphones Java enabled.
- Android pour les dispositifs supportant Android.
- Dotnet pour les ordinateurs et les serveurs dans les réseaux fixes fonctionnant avec Microsoft .NET Framework.

Les versions de jade-LEAP proposent les mêmes API pour les développeurs, créant ainsi une interface uniforme sur une variété de dispositifs et de types de réseaux, à l'exception de la version MIDP, qui présente certaines fonctionnalités non prises en charge par rapport aux autres versions. [218]

Nous avons sélectionné la plateforme Jade-LEAP pour notre projet en raison de ses caractéristiques avantageuses par rapport à d'autres plateformes multiagents pour appareils mobiles telles que Le MobiAgent [220], AgentLight [221] et MicroFIPA-OS [222], et le jade-LEAP [219].

- Elle est basée sur JADE, écrit en Java, et permet l'exécution de plusieurs tâches simultanées, adaptée aux dispositifs à ressources limitées. [223]
- Elle prend en charge une variété de périphériques, comme les téléphones Java MIDP et les PDA.
- Elle est la plateforme la plus compacte disponible en termes de taille.
- Elle est élaborée dans le cadre du projet LEAP.
- Elle est open source.

V.2.2 J2ME

J2ME, ou Java 2 Micro Edition, était considéré comme un standard de facto pour développer des applications mobiles basées sur le client [219]. Il s'agit d'une plateforme Java destinée aux petits appareils, qui inclut une variété de matériel, allant des téléphones mobiles aux appareils portables. Pour gérer cette diversité, J2ME est divisé en configurations, profils et API facultatives.

Les configurations définissent un sous-ensemble de fonctionnalités de J2SE et le comportement de la JVM, tandis que les profils sont spécifiques à une famille de périphériques ayant des caractéristiques similaires. Les API facultatives permettent l'ajout de fonctionnalités supplémentaires dans un package flexible.

Le principal avantage de l'utilisation de Java pour le développement d'applications pour petits appareils est la portabilité. En utilisant d'autres outils comme C ou C++, les applications seraient spécifiques à une plateforme unique, tandis qu'avec Java et les API MIDP, les

applications peuvent être directement portées sur n'importe quel appareil MIDP. La sécurité est également un atout important de Java pour le développement de petits appareils. Avec sa capacité à exécuter en toute sécurité des codes téléchargés, comme des applets, Java est idéal pour les applications qui se téléchargent dynamiquement sur des appareils mobiles. [224]

V.2.3 Le Cloud AWS

Le Cloud Computing est un sujet de discussion de plus en plus populaire ces dernières années. Il utilise les avancées technologiques récentes pour offrir des avantages tels que des délais de mise sur le marché plus rapides et des coûts réduits aux entreprises. Il leur permet d'utiliser des ressources informatiques et de stockages partagés, plutôt que de gérer leur propre infrastructure. Cela leur donne une infrastructure informatique flexible, sécurisée et rentable, similaire à l'utilisation d'un réseau électrique national pour se connecter à une source d'énergie gérée de manière centralisée et efficace.

AWS est une plateforme de services Cloud complets qui propose des capacités de calcul, de stockage, de diffusion de contenu et d'autres fonctionnalités pour aider les organisations à déployer des applications et des services de manière efficace, flexible, évolutive et fiable. Le modèle de service autogéré d'AWS vous permet de prendre en charge vos besoins internes de manière proactive et de répondre aux demandes externes en temps voulu. Amazon Elastic Compute Cloud (EC2) est un service web qui offre une capacité de calcul évolutive dans le Cloud, conçue pour faciliter l'informatique à grande échelle pour les développeurs et les administrateurs système. La simplicité de l'interface web d'Amazon EC2 vous permet d'obtenir et de configurer facilement la capacité souhaitée. [225]

Il permet un contrôle total sur les ressources informatiques et une utilisation de l'environnement informatique fiable d'Amazon. Amazon EC2 accélère le processus d'obtention et de démarrage de nouvelles instances de serveur à quelques minutes, offrant la possibilité d'ajuster rapidement la capacité en fonction des besoins. Il modifie l'économie de l'informatique en facturant uniquement pour la capacité utilisée. Il fournit aux développeurs et aux administrateurs système les outils pour créer des applications à haute disponibilité et isolées des pannes courantes. [225]

V.3 Questionnaire sur le contexte en Mobile Learning : le point de vue des apprenants

Notre projet vise à concevoir une architecture adaptée au contexte pour l'apprentissage mobile. Des recherches ont été menées sur les systèmes d'apprentissage mobiles contextuels pour créer un modèle utilisateur, mais la plupart se concentrent sur les aspects technologiques

comme les performances du réseau et les capacités des appareils mobiles, d'autres se concentrent sur les styles d'apprentissage et les préférences des utilisateurs, sans toutefois comprendre les besoins des apprenants ou étudier le contexte d'apprentissage sous l'angle des apprenants.

Dans ce questionnaire (présenté dans [226]), nous avons cherché à comprendre les contextes d'apprentissage qui sont importants pour les apprenants afin de pouvoir utiliser ces informations pour développer une approche d'apprentissage mobile qui tient compte de leurs besoins et préférences.

V.3.1 Procédure

Nous avons réalisé une enquête en ligne avec des questions sur les contextes d'apprentissage importants pour les apprenants, en utilisant Google Forms. Le lien vers le questionnaire a été envoyé par e-mail aux 64 étudiants du département d'informatique de l'Université de Middlesex, London, Royaume-Uni, et l'enquête a été menée le 20/03/2019.

V.3.2 Résultats

Pour la question «Préférez-vous étudier à la maison/en classe», 48,4 % préfèrent apprendre en classe, 39,1 % préfèrent apprendre à la maison et 12,5 % apprécient les deux options. Les raisons citées pour préférer apprendre en classe sont la facilité de se concentrer en présence d'un enseignant et la possibilité de poser des questions. Les raisons citées pour préférer apprendre à la maison sont la tranquillité, la liberté et la possibilité de gérer son propre temps. Il convient de noter que cette enquête a été menée avant la pandémie de Covid-19, et les réponses des étudiants pourraient être différentes si elle avait été menée après.

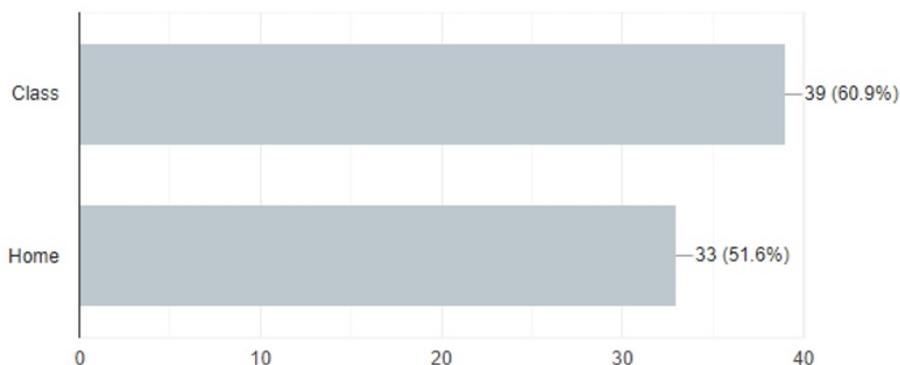


Figure V.4 – L'endroit préféré des étudiants pour étudier (maison ou salle de classe)

Selon les résultats, (56,3 %) préfèrent utiliser les réseaux sociaux d'un pourcentage de tels que Facebook, Twitter, Google Plus et Flickr pour communiquer avec leurs camarades de classe et d'autres personnes intéressées par leur sujet d'étude. (39,1 %) préfèrent également l'utilisation de l'email pour sa rapidité, son efficacité, son faible coût et son professionnalisme. Les SMS (37,5

%) sont également prisés pour leur utilité lorsqu'il n'y a pas de connexion internet. Enfin, 23,4 % des élèves utilisent la vidéoconférence et les salles de chat vidéo pour communiquer.

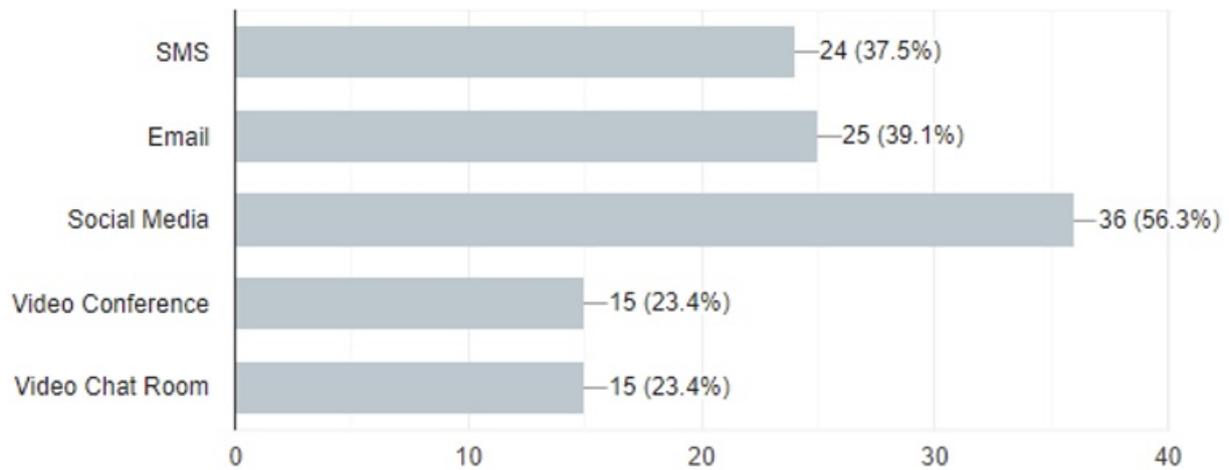


Figure V.5 – La technologie de communication préférée des étudiants

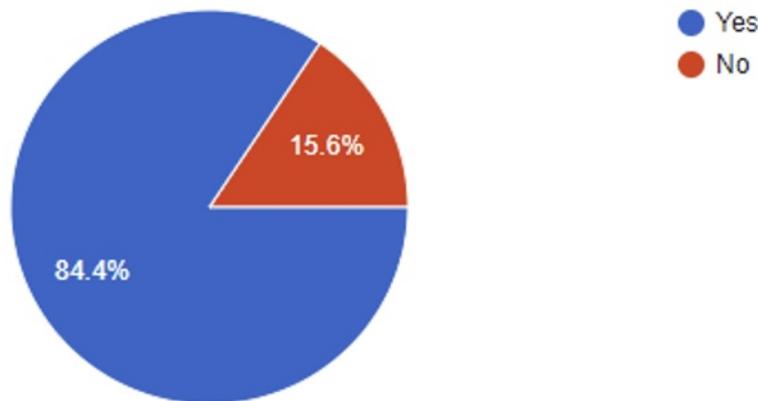


Figure V.6 – Opinion des étudiants sur l'utilisation de leurs préférences personnelles pour personnaliser le contenu d'apprentissage

Les étudiants sont largement en faveur de l'utilisation de leurs préférences personnelles pour adapter le contenu d'apprentissage, comme le montre la figure 4.3. 15,9 % d'entre eux sont tout à fait d'accord et 52,4 % sont d'accord, car ils reconnaissent que les styles d'apprentissage et les préférences peuvent les aider à mieux apprendre dans leur contexte. Ils savent également que cela peut les aider à mieux comprendre leurs propres préférences d'apprentissage. Par exemple, un étudiant peut préférer travailler seul à la maison et faire ses devoirs tard dans la soirée, alors qu'un autre étudiant peut s'épanouir dans des situations de groupe et ne souhaiter étudier que pendant la journée sur le campus. Cependant, 30,2 % des étudiants sont neutres à cette question et seulement 1,5 % d'entre eux sont en désaccord.

Learning Context	Strongly Disagree	Disagree	Neutral	Agree	Strongly Agree	Points
Collaboration with other learners	0	23	0	41	0	3.28
Personal Preferences	0	1	19	33	11	3.48
Mobile device capabilities	0	10	0	54	0	3.68
Prior Knowledge	0	0	21	33	10	3.82
Network Performance	0	12	0	52	0	3.62
Location-based techniques	0	5	25	24	10	3.60

Tableau V.1 – Les scores des réponses de chaque contexte d'apprentissage

Pour évaluer le contexte d'apprentissage le plus important pour les apprenants dans le processus d'apprentissage, nous utilisons l'échelle de Likert à 5 points, où chaque réponse s'est attribué une valeur numérique allant de 1 à 5 pour donner plus de poids aux réponses. Par exemple, pour la question sur les préférences personnelles, sur 64 réponses, 0 étudiant ont répondu «fortement en désaccord» ($0 \times 1 = 0$), 1 étudiant «pas d'accord» ($1 \times 2 = 2$), 19 étudiants «neutre» ($19 \times 3 = 57$), 33 étudiants «d'accord» ($33 \times 4 = 132$) et 11 étudiants «fortement d'accord» ($11 \times 5 = 55$). Le score total est donc de $0 + 2 + 57 + 132 + 55 = 246$, et le point moyen est de $246 / 64 = 3,84$. Le tableau 5.1 montre les scores pour chaque contexte d'apprentissage.



Figure V.7 – Comprendre quel contexte d'apprentissage est important pour les élèves

Selon les données présentées dans la figure V.7, il apparaît que les préférences personnelles des apprenants sont un facteur clé dans le processus d'apprentissage. En effet, chaque apprenant a son propre style d'apprentissage et ses propres préférences, il est donc important de prendre en compte ces différences pour offrir une éducation adaptée à chaque individu. Il est également important de sensibiliser les apprenants à ces différences afin de les aider à mieux comprendre leur propre style d'apprentissage. Le deuxième contexte d'apprentissage important est la connaissance préalable, car les apprenants préfèrent souvent se connecter à ce qu'ils savent déjà sur un sujet avant d'apprendre de nouveaux concepts. Il est donc important d'évaluer les connaissances et les compétences antérieures des apprenants dès le début du cours afin de favoriser leur engagement et leur pensée critique.

En résumé, les résultats indiquent que la personnalisation du contenu d'apprentissage en fonction du contexte technologique, tels que les techniques de localisation, les capacités des appareils mobiles et les performances du réseau, contribue à une meilleure accessibilité des ressources d'apprentissage en ligne et favorise l'apprentissage individuel. Il est crucial de prendre en compte les préférences et les besoins des apprenants pour augmenter leur engagement et leur motivation dans l'apprentissage.

Notre étude propose une nouvelle approche d'apprentissage mobile qui tient compte des préférences individuelles des étudiants. Les résultats montrent que cette approche améliore les résultats d'apprentissage des élèves.

V.4 Présentation de l'application mobile

L'application Android «ML Cyborg» a été créée pour les Cyborgs. Elle est une interface entre l'utilisateur et le Cloud AWS basée sur Java et Jade LEAP. L'interface graphique gère les interactions utilisateur via TCP et transmet les données vers et depuis les agents exécutés sur Jade. Les informations de contexte en temps réel sont collectées par un agent Learner Context et utilisées pour fournir un contenu d'apprentissage mobile personnalisé. Les agents d'adaptation de contexte et de contenu reçoivent les demandes de contexte via Jade et adaptent le contenu d'apprentissage en fonction des informations contextuelles de l'apprenant. Les cours sont chargés depuis le serveur et affichés sur l'application mobile. Les données de profil et contextuelles sont stockées dans la base de données Firebase en temps réel. L'application est déployée sur des appareils mobiles Java tels que les téléphones, PDAs et Smartphones sous Android. Elle offre une interface simple, adaptable et utilisable pour l'apprenant.

On propose une fenêtre d'accueil avec deux options : «Inscrivez-vous» pour les nouveaux utilisateurs et «Connectez-vous» pour les utilisateurs existants.



Figure V.8 – La fenêtre d'accueil de l'application

Lorsque l'utilisateur choisit de s'inscrire, il doit remplir les champs requis (email et mot de passe) dans la fenêtre d'inscription, comme illustré dans la figure suivante.

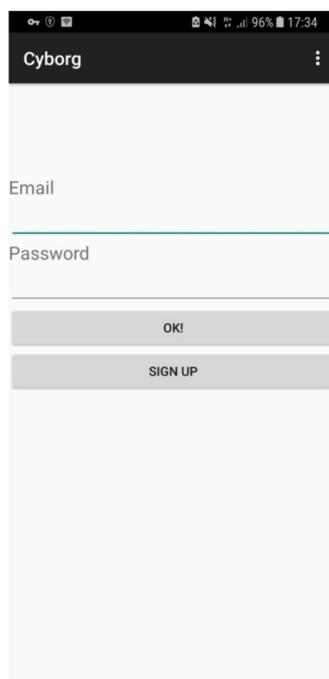


Figure V.9 – La fenêtre de l'inscription de l'apprenant

Après l'accès à l'application, l'apprenant doit répondre à un questionnaire d'évaluation des styles d'apprentissage. Ce questionnaire comprend 44 questions à choix multiple qui permettent d'évaluer les préférences d'apprentissage de l'utilisateur en termes de quatre dimensions. Cha-

cune de ces dimensions est évaluée sur une échelle de -11 à 11, avec des scores plus éloignés de zéro indiquant une préférence plus forte. Les résultats obtenus par l'apprenant sont utilisés pour adapter le contenu d'apprentissage de manière appropriée. Par exemple, pour les apprenants qui préfèrent les méthodes visuelles d'apprentissage, le système affichera des éléments graphiques plutôt que des données textuelles.

Si l'apprenant choisit de ne pas répondre au questionnaire de style d'apprentissage, le système lui attribuera automatiquement un style d'apprentissage par défaut.

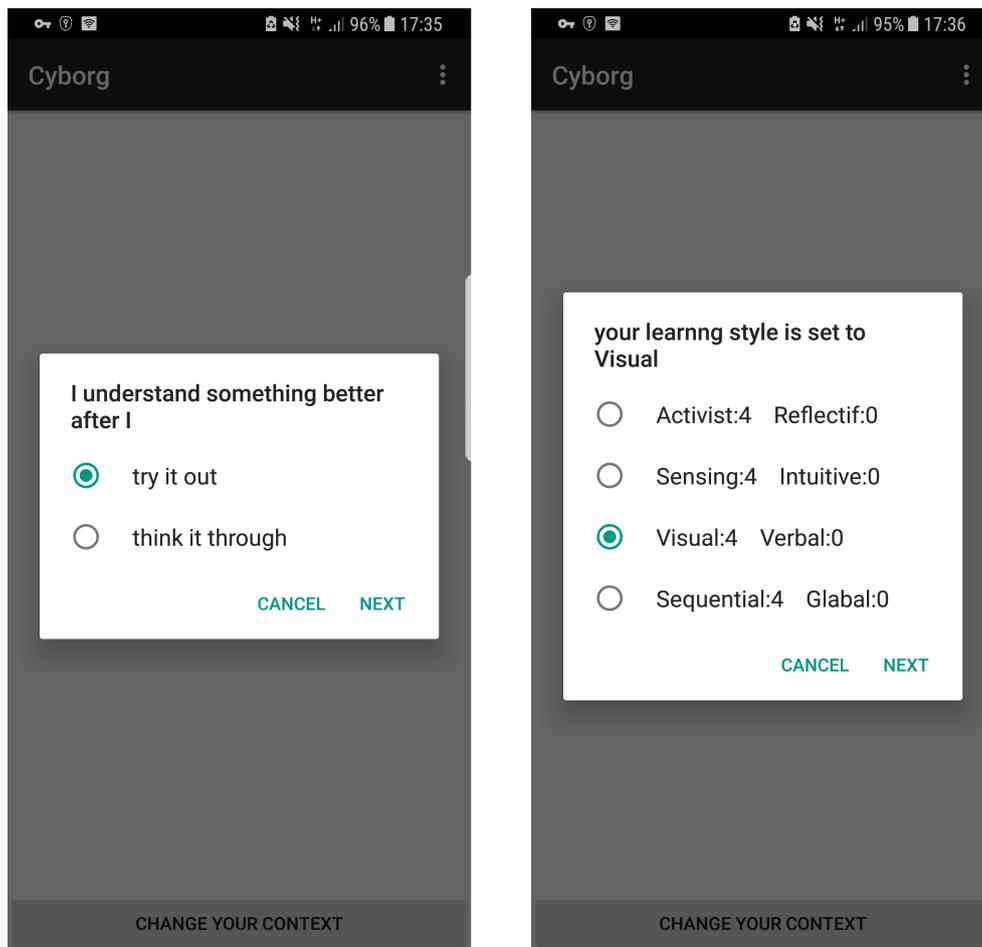


Figure V.10 – Exemples de résultat du questionnaire ILS

Si l'apprenant a déjà créé un compte, il peut choisir de «se connecter» en renseignant son adresse email et son mot de passe dans les champs prévus à cet effet sur l'application mobile.

Le système vérifie l'existence de l'apprenant dans la base de données en comparant les informations d'identification (email et mot de passe) saisies à celles stockées dans la base. Si l'apprenant n'est pas trouvé dans la base, un message est affiché lui indiquant qu'il doit s'inscrire avant de se connecter. Si les informations saisies ne correspondent pas à celles stockées, un message est affiché signalant le type d'erreur (mauvais mot de passe ou identifiant non reconnu).

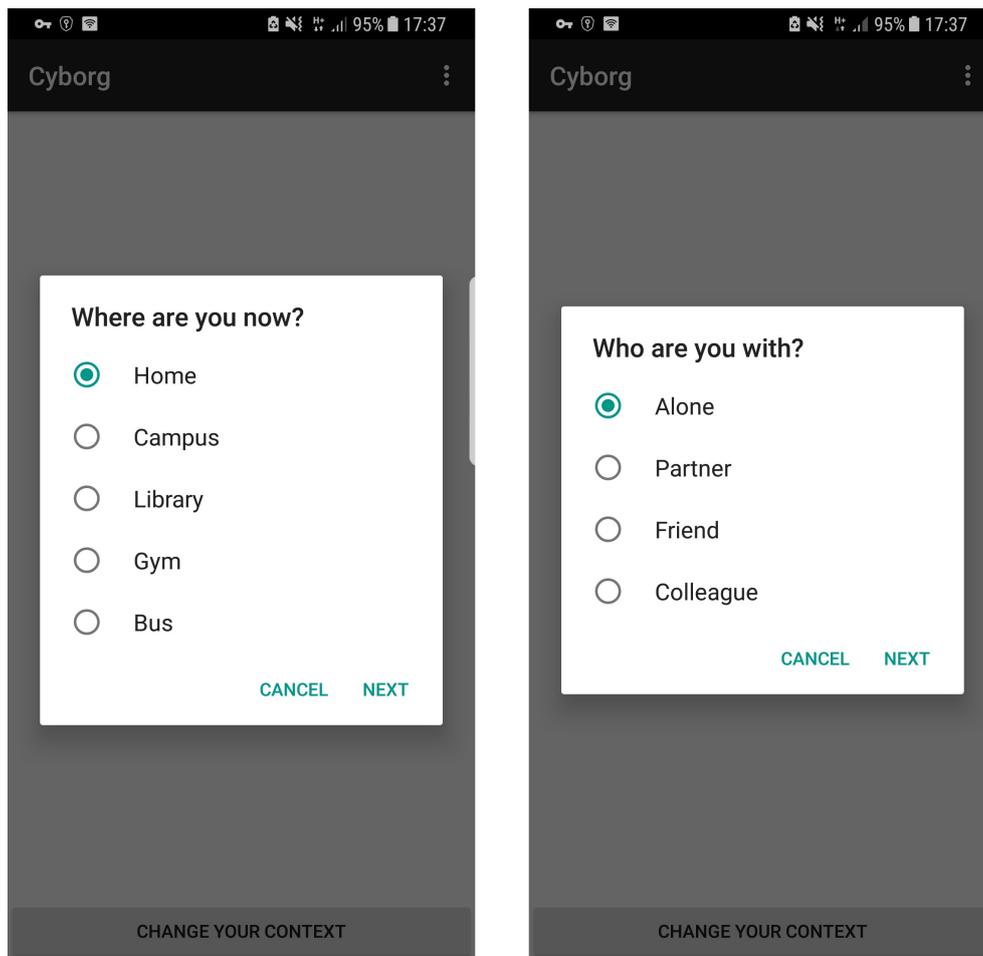


Figure V.11 – Les fenêtres du questionnaire ILS

Si les informations saisies par l'apprenant sont valides, il est alors redirigé vers une page où il peut modifier les détails de son profil, notamment sa localisation (maison, campus, bibliothèque, salle de sport, bus) et sa situation (seul, avec un partenaire, un ami ou un collègue). Il peut ensuite accéder au cours, comme le montrent les exemples de cours personnalisés dans les figures suivantes.

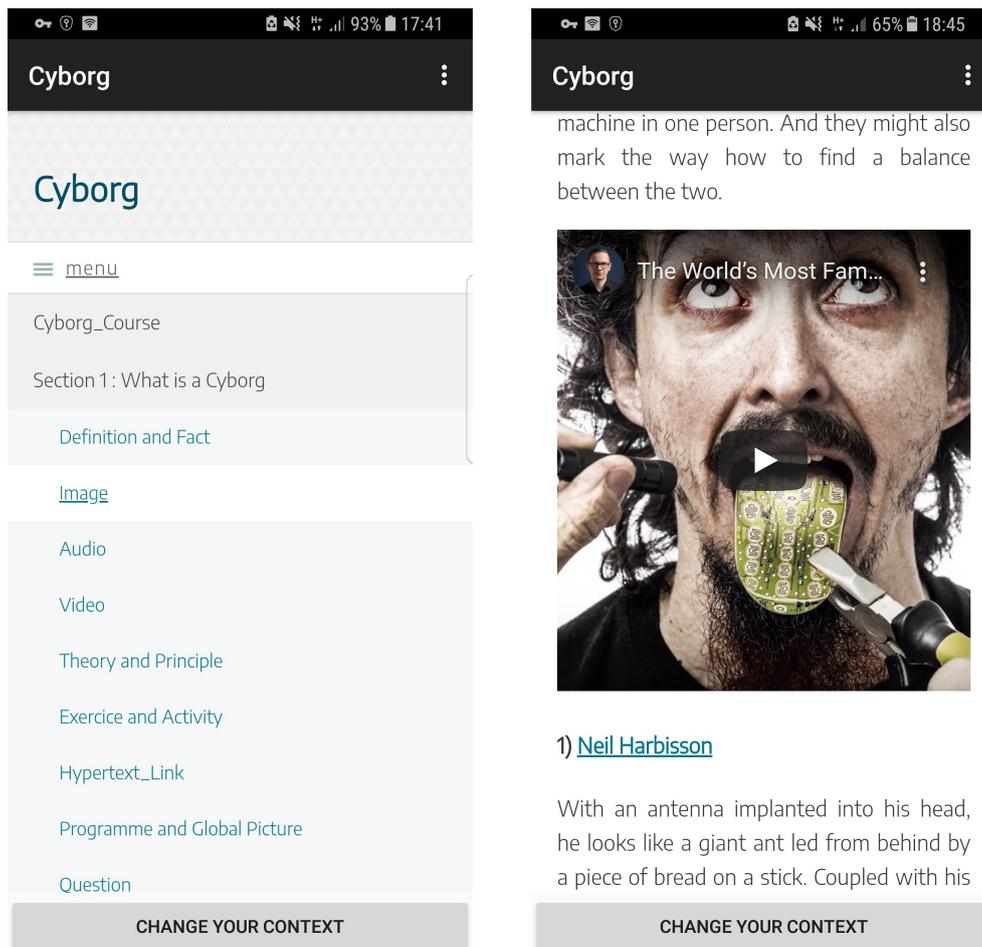


Figure V.12 – La fenêtre de lancement de cours

Dans le processus de lancement de cours, il est important d'adapter les contenus d'apprentissage en fonction des préférences de l'apprenant, telles que l'emplacement, le compagnon d'apprentissage, et le style d'apprentissage. Cette adaptabilité est rendue possible par la capacité du système à fournir du contenu dans différents formats, car certaines préférences peuvent être mieux adaptées à certains formats de cours ou pour certaines tâches dans des contextes donnés. Par exemple, pour les apprenants visuels, le système devrait présenter des éléments graphiques plutôt que des données textuelles en fonction de l'intensité de préférence visuelle (élevée, modérée, faible). Les figures V.13 suivantes illustrent l'adaptabilité des cours aux formats multimédias pour un apprenant visuel. Si l'apprenant se trouve dans un bus ou une salle de sport, l'application fournira des leçons audio, séparément des autres contextes (style d'apprentissage et compagnon). Si l'apprenant est à domicile ou à la bibliothèque alors l'application délivre le contenu d'apprentissage selon le style d'apprentissage (priorité au style d'apprentissage de chaque apprenant). Dans le cas (compagnon = ami ou partenaire), alors des leçons vidéo sont adaptées pour les étudiants visuels et verbaux, si compagnon = collègue et style d'apprentissage = actif, alors proposez des leçons d'exercices et d'activités.

Cyborg

Real Life Cyborgs: Neil Harbisson



Source: [The Plaid Zebra](#)

British artist Neil Harbisson is the world's first governmentally recognized cyborg. Born with an extreme color blindness known as achromatopsia, in 2004 Harbisson had an antenna permanently implanted in his brain which allows him to perceive colors as *sound*, and is now capable of experiencing colors beyond the human

CHANGE YOUR CONTEXT

Cyborg



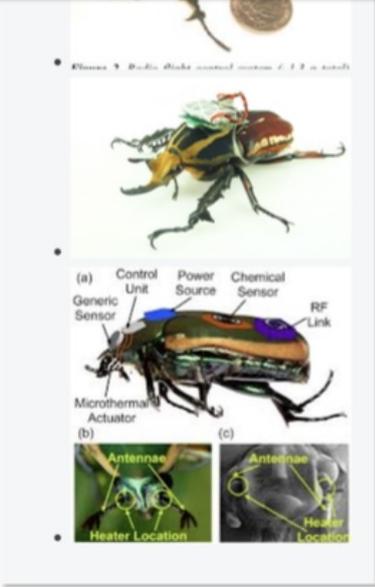
source: syda productions

What is a Cyborg?

The word cyborg is a shortened version of 'cybernetic organism'. The term was coined in 1960 by Manfred Clynes and Nathan S Clyne. A cyborg is any living being that has both organic and mechanical/electrical parts that either restore or enhance the organism's functioning. Robots and droids do not fall into this category.

CHANGE YOUR CONTEXT

Cyborg



Previous Next

CHANGE YOUR CONTEXT

Cyborg

menu

Section 2 - Definition and Fact

I'm a Cyborg; You're a Cyborg

Consider this: 79% of smartphone users have their phone on or near them for 22 hours a day (IDC).

My cell phone is practically glued to my left hand, and yours is too.

Increasingly, we view the device, and the access it brings, as an extension of ourselves.

I don't have to remember the

CHANGE YOUR CONTEXT

Figure V.13 – Exemples des cours adaptés

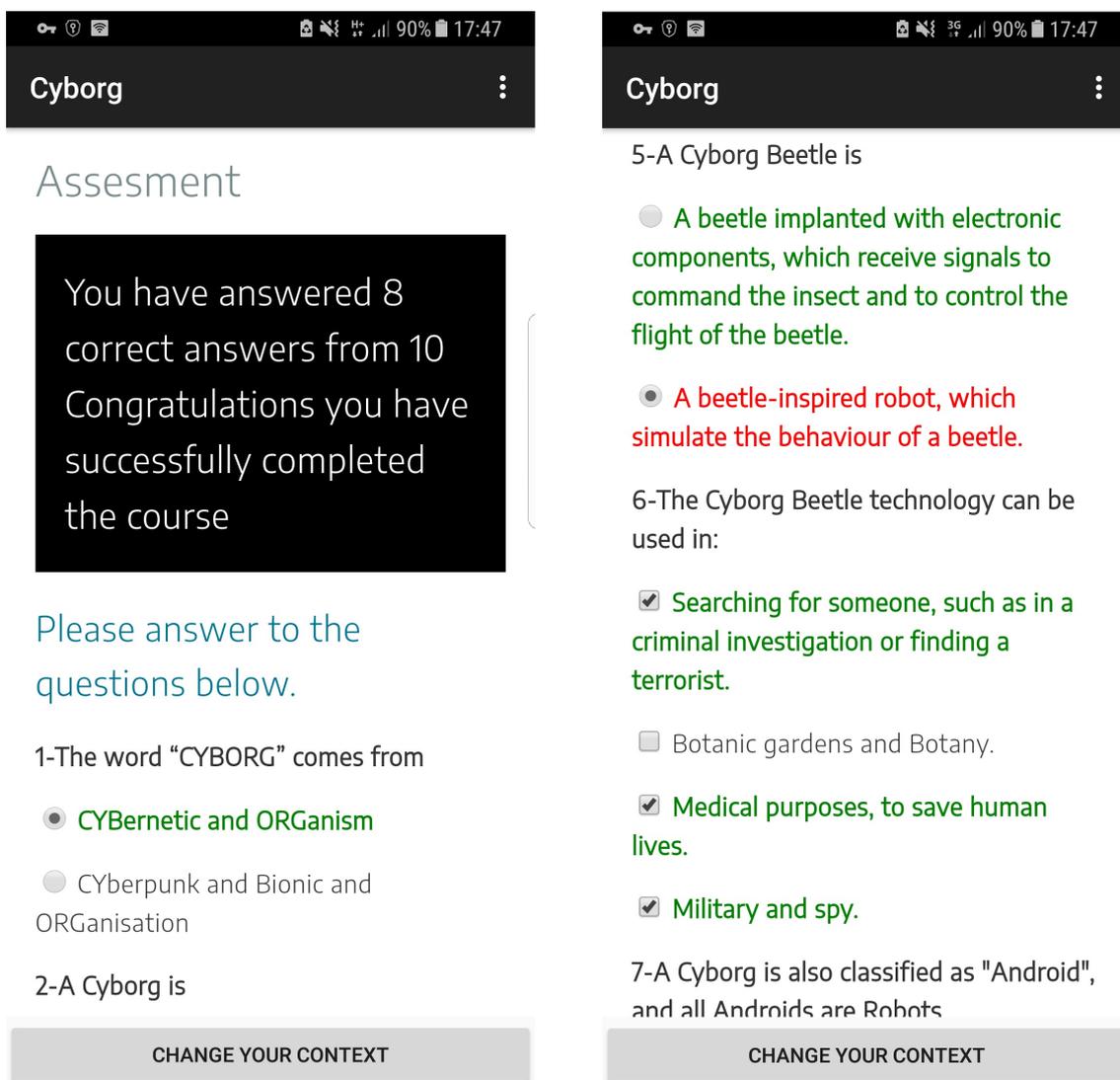


Figure V.14 – Exemples de l'évaluation de l'apprenant

Les cours et quiz destinés à l'évaluation sont hébergés sur un serveur Apache dédié au contenu d'apprentissage. Pour une meilleure performance, ils ont été compilés en fichiers HTML statiques prêts à l'utilisation. Nous avons utilisé eXe (<http://exelearning.net>) pour créer et fournir des objets d'apprentissage aux apprenants. Cet outil nous permet de facilement intégrer différents types de médias et de continuer à ajouter ou réutiliser notre contenu d'apprentissage au cours du processus d'apprentissage. Nous avons mis en place un algorithme de recommandation pour personnaliser le contenu d'apprentissage. Cela permet à notre système de fournir des matériels d'apprentissage adaptés à chaque apprenant et de continuer à s'améliorer en apprenant automatiquement à partir des interactions des utilisateurs et en suggérant des contenus pertinents. Nous avons implémenté l'utilisation de la bibliothèque CARSKit, basée sur Java et Librec, et l'algorithme camf_cuci de factorisation matricielle prenant en compte le contexte pour notre système de recommandation de contenu d'apprentissage. Nous avons pris en compte trois contextes différents dans notre système de recommandation : le style d'apprentissage (sensationnel/intuitif, visuel/verbal, actif/réflexif, séquentiel/global), l'emplacement (à la maison, sur

le campus, à la bibliothèque, à la salle de gym, dans les transports en commun) et la présence d'un compagnon (apprentissage seul, avec un partenaire, un ami ou un collègue). Nous avons également défini des règles d'adaptation spécifiques pour différents contextes. Par exemple, si l'apprenant se trouve dans les transports en commun ou à la salle de sport, l'application lui fournira automatiquement des leçons audio, indépendamment des autres contextes (style d'apprentissage et présence d'un compagnon). Un autre exemple de règle d'adaptation est que lorsque l'apprenant est à la maison, le système donnera la priorité au style d'apprentissage de l'apprenant et fournira un contenu d'apprentissage personnalisé en fonction de celui-ci. Dans un autre scénario, si l'apprenant se trouve sur le campus ou en compagnie d'un collègue, le système peut proposer des cours avec des exercices et des activités interactives. Nous avons également fourni des données de notation au système de recommandation, où un cours peut être noté 5/5 pour un contexte spécifique et 1/5 pour les autres contextes.

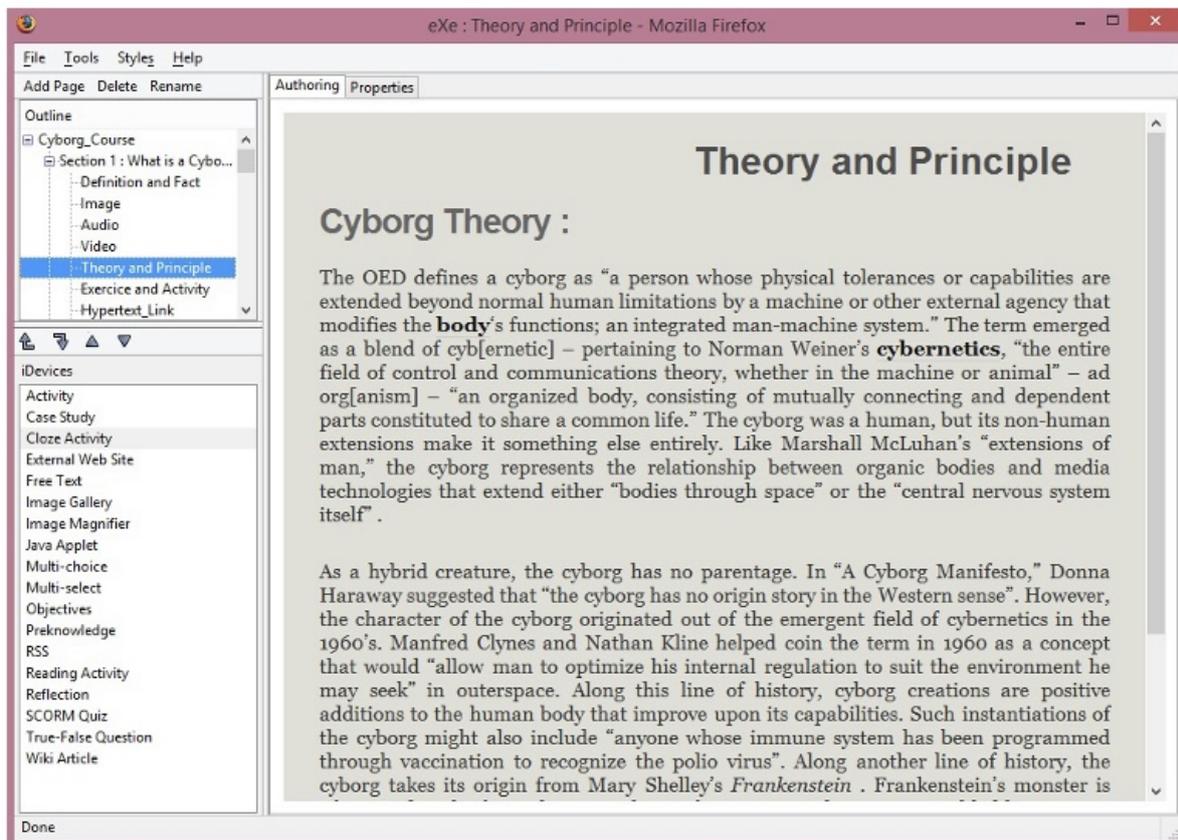


Figure V.15 – Exemples de contenu de LO utilisé dans l'application mobile

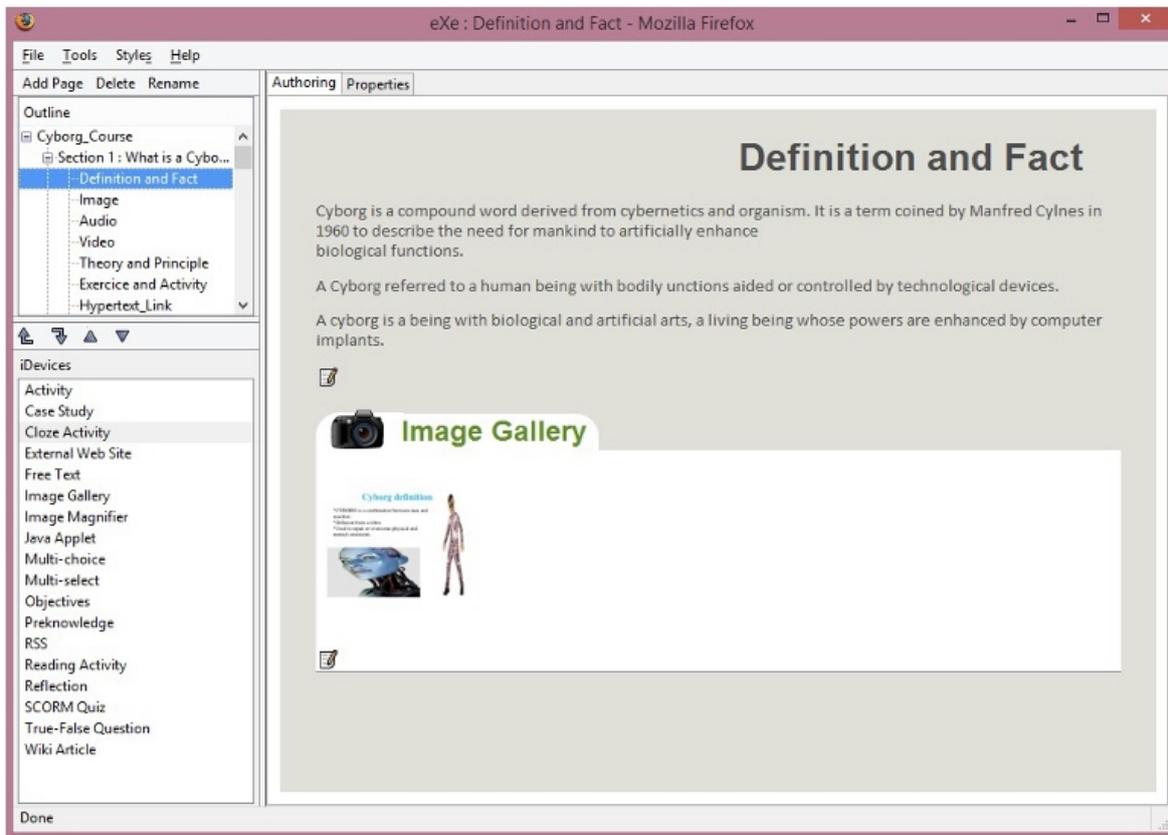


Figure V.16 – Exemples de contenu de LO utilisé dans l'application mobile

Notre algorithme de recommandation utilise les informations contextuelles pour fournir une prédiction de notation pour les leçons les plus susceptibles d'être préférées par l'apprenant. Par exemple, la figure 17 montre comment les résultats de l'algorithme camf_cuci peuvent être utilisés pour adapter le contenu d'apprentissage en fonction des préférences de l'apprenant.

```
public String getLink(String LearningStyle,String Location ,String Companion) {
    if(Companion.equalsIgnoreCase("Friend") &&LearningStyle.equalsIgnoreCase("Verbal"))
        LearningStyle+="F";
    if(Companion.equalsIgnoreCase("na") &&LearningStyle.equalsIgnoreCase("Verbal"))
        LearningStyle+="K";
    initFiles(LearningStyle,Location,Companion);
        String link = "";
    try {
        String wpath = new CARKit().start(selectfile1, selectfile2);
        String ret = wpath + "/CAMF_CUCI-top-1-items.txt";
        try {String res = wpath + "/CAMF_CUCI.txt";
        FileReader frd = new FileReader(ret);
        CSVFileReader = new CSVReader(frd);
        List myEntries = CSVFileReader.readAll();
```

```
columnnames = (String[]) myEntries.get(0);
int rowcount = myEntries.size();
for (int x = 0; x < rowcount + 1; x++) {
    int columnnumber = 0;
    if (x > 0)
    String[] lines = null;
    try {
    lines = (String[]) myEntries.get(x);
    } catch (Exception e) {}
    if (lines != null) {
        for (String thiscellvalue : lines) {
            if (columnnumber == 1 && thiscellvalue.contains("("))
            {link = thiscellvalue.split("\\(")[1];
            columnnumber++;
            } else {
            try { } catch (Exception e) {}
            columnnumber++; }}}}
CSVFileReader.close();
frd.close();
    }} catch (FileNotFoundException ex)
    { Logger.getLogger(Recommander.class.getName()).log
    (Level.SEVERE, null, ex);}} catch (Exception e) {
Logs.error(e.getMessage());
e.printStackTrace();
}returnlink.replace("*", ""); }
```

Pour surveiller les communications entre les agents de notre plateforme, nous utilisons l'outil JADE qui offre une fonctionnalité graphique permettant de visualiser les messages échangés dans le système. Cet outil, appelé «sniffer», enregistre les messages échangés dans la plateforme et fournit une interface graphique pour afficher les échanges entre les différents groupes d'agents.

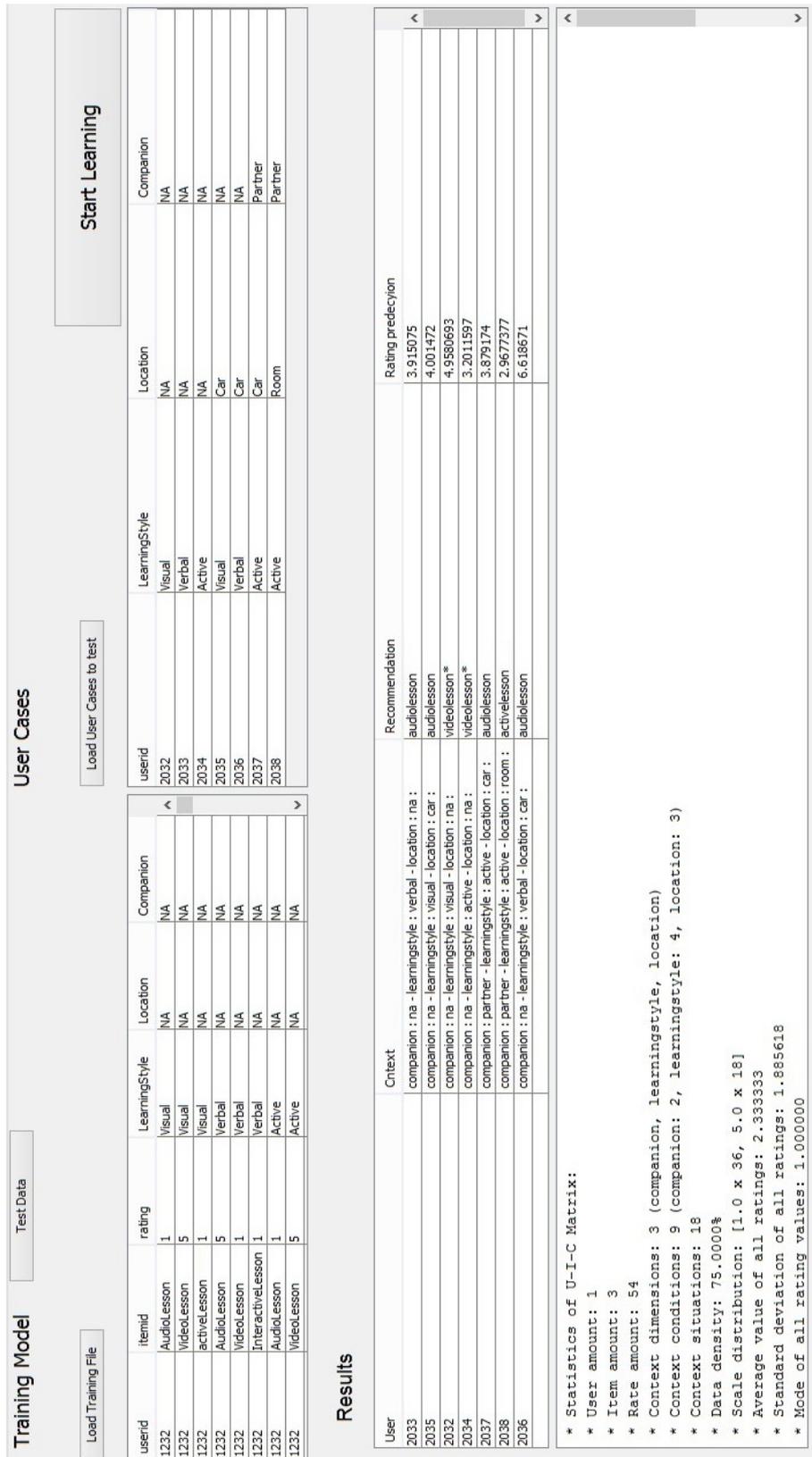


Figure V.17 – Des exemples de la façon dont les résultats de l’algorithme camf_cuci appliqués dans notre système.

V.4.1 Test des messages du scénario de connexion

Pour vérifier la conformité du diagramme de séquence que nous avons créé dans le chapitre précédent, nous utilisons l’outil graphique de JADE appelé «sniffer». Cet agent permet de suivre les messages échangés entre les différents groupes d’agents dans notre plateforme et de fournir une interface graphique pour visualiser ces échanges. Lorsque nous avons exécuté la phase de connexion, nous avons utilisé l’agent sniffer pour surveiller les messages envoyés, et les résultats obtenus sont les suivants :

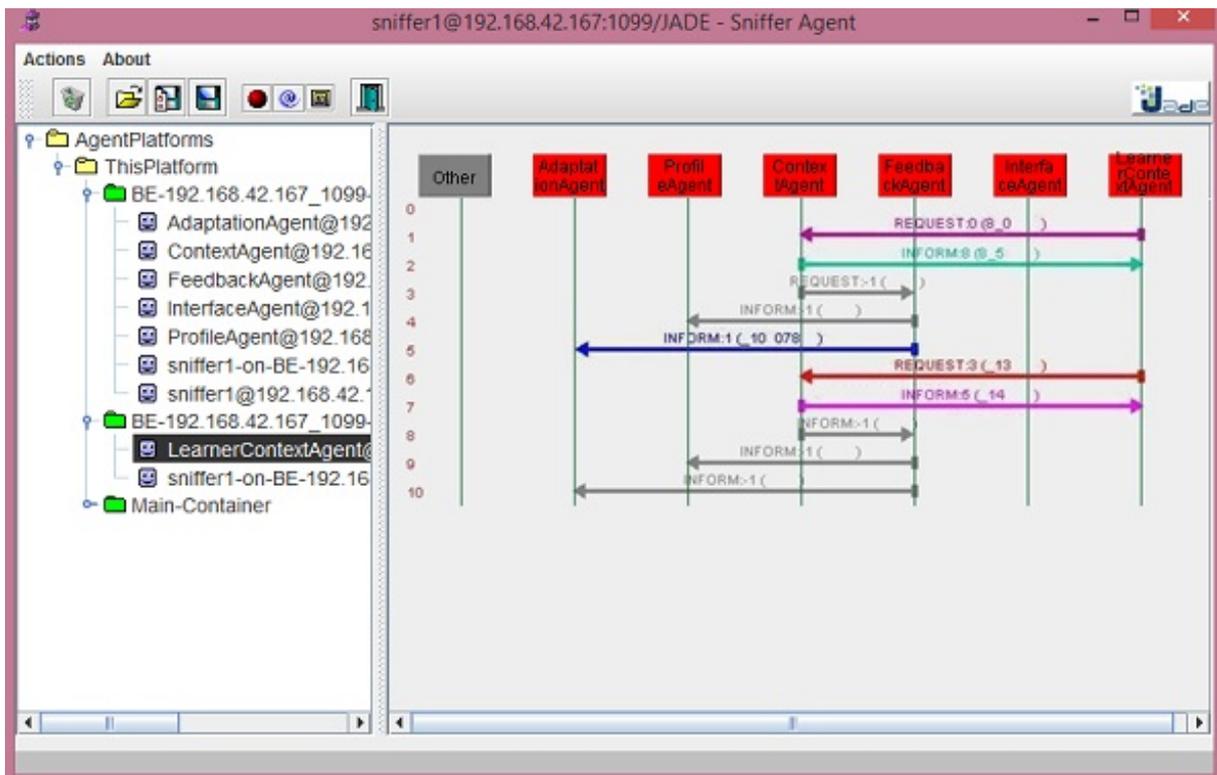


Figure V.18 – Les messages échangés dans le processus de connexion

V.4.2 Test des messages du scénario de demande de cours

Nous avons élaboré un diagramme de séquence pour «la demande d’un fragment de cours». Pour vérifier cette séquence, nous utilisons l’agent sniffer de JADE. Une fois la connexion de l’apprenant établie, lorsqu’il demande un fragment de cours, la séquence de messages suivante est observée :

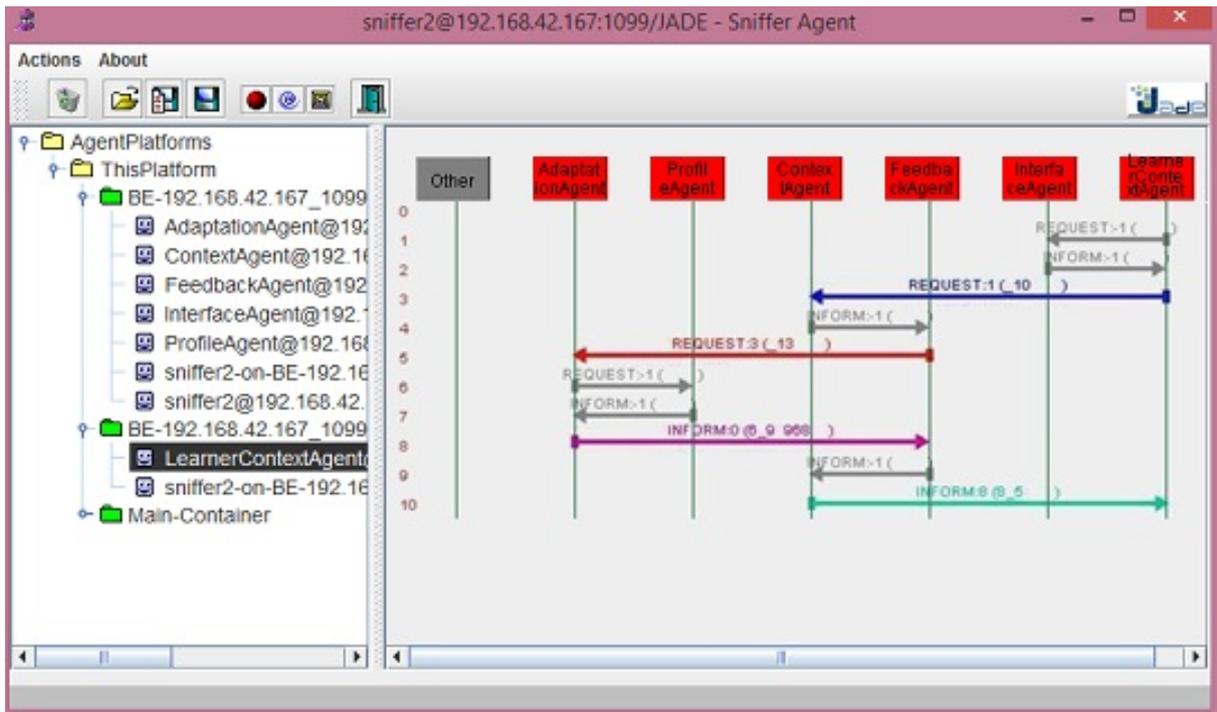


Figure V.19 – Les messages échangés dans le processus de demande de cours

V.5 La validation et l'évaluation du système

Le but de l'expérience était de déterminer la façon dont les étudiants perçoivent notre système d'apprentissage mobile qui prend en compte le contexte. L'étude a été menée avec 12 membres du groupe de recherche GOODIE de l'Université de Middlesex, Londres, au Royaume-Uni, ainsi qu'avec 49 étudiants de deuxième année de la faculté des sciences et technologies de l'Université de Tébessa, en Algérie. Afin de valider notre système, nous avons créé un site web (voir les figures V.20 et V.21) décrivant la procédure d'évaluation de notre système. La première expérimentation a eu lieu entre le 01/12/2019 et le 25/02/2020, la deuxième entre le 18 avril et le 11 mai 2020.

Avant de débiter l'expérience, les participants ont bénéficié d'une formation de 40 minutes sur les technologies utilisées dans la recherche. Ils disposaient d'une semaine pour effectuer l'évaluation. La figure V.20 illustre les quatre étapes que les étudiants doivent suivre pour évaluer le système :

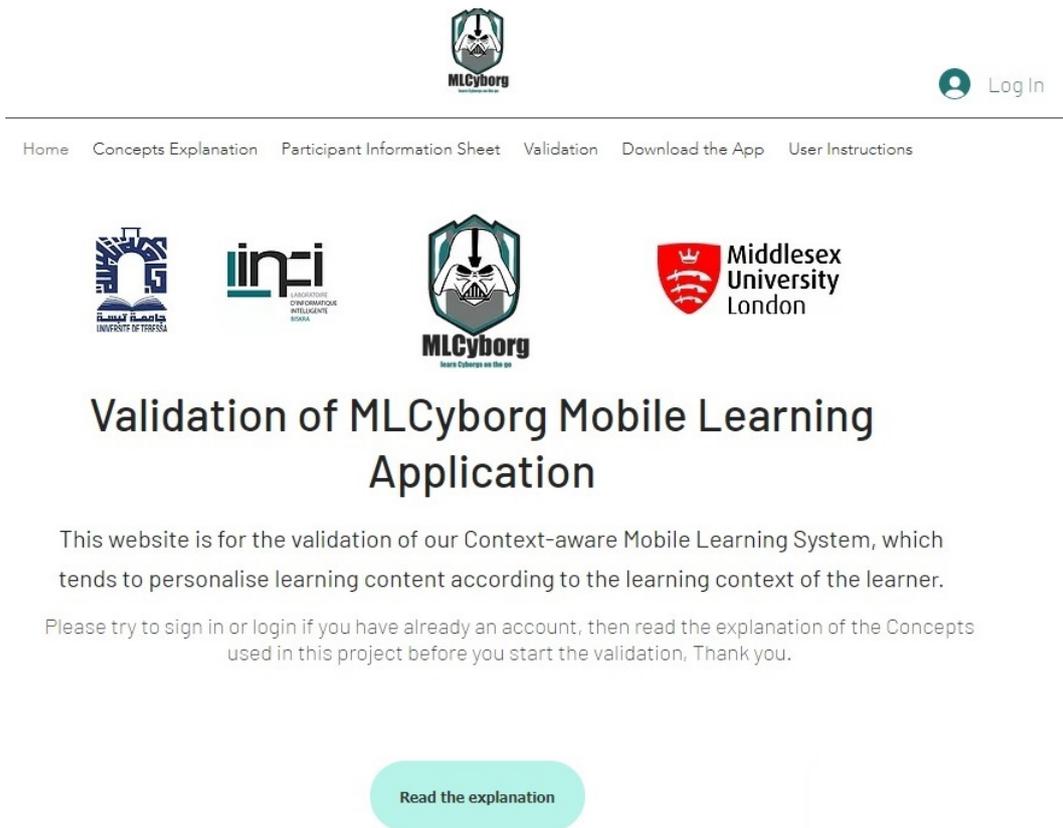


Figure V.20 – La page d'accueil du site web pour la validation de notre système.

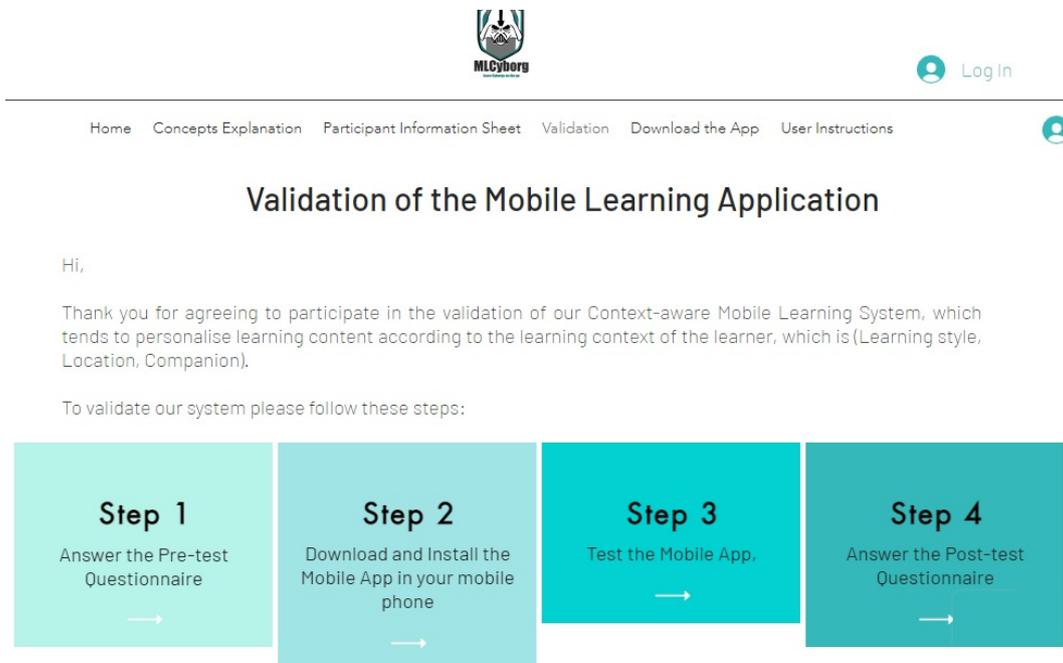


Figure V.21 – La page Web de validation avec les quatre étapes du processus de validation

Le premier pas était de remplir un questionnaire préliminaire pour évaluer les connaissances des participants sur l'apprentissage mobile, la sensibilisation au contexte et déterminer leur intérêt pour le sujet des Cyborgs. La seconde étape était de télécharger et installer l'application

mobile (basée sur Android) sur les appareils des participants. Pour les étudiants utilisant un iPhone (IOS), ils pouvaient tester l'application via un émulateur. Nous avons fourni des liens pour télécharger les émulateurs Bluestacks ou Andy Android pour que les étudiants puissent tester l'application Android sur leur PC. Après avoir lu les consignes d'utilisation, les participants ont pu utiliser et tester l'application mobile dans différents contextes et situations. Une fois l'expérience terminée, les participants ont été invités à remplir un questionnaire de suivi. Ce questionnaire visait à évaluer l'efficacité de notre système d'apprentissage mobile adaptatif, qui personnalise et adapte le contenu d'apprentissage en fonction du contexte de l'utilisateur, et à savoir si les utilisateurs étaient satisfaits des résultats obtenus.

Question	Yes	No			
Have you ever used Mobile devices for learning?	93.9%	6.1%			
Have you ever used a Mobile Learning Application?	93.9%	6.1%			
	Stronglyagree	Agree	Neutral	Disagree	Strongly disagree
Do you think that Context-aware mobile learning system can promote your learning motivation much more?	20.4%	63.3%	16.3%	0%	0%
I agree that a Context-aware Mobile Learning System can assist my learning process.	28.6%	51%	16.3%	4.1%	0%

Tableau V.2 – Résultats des réponses des étudiants de pré-test questionnaire.

Dans le questionnaire préliminaire, 93,9 % des étudiants ont indiqué avoir une familiarité avec le concept d'apprentissage mobile, et avoir déjà utilisé des appareils mobiles pour faciliter leur apprentissage, principalement pour apprendre des langues étrangères (voir tableau 1). Les étudiants ont utilisé leurs appareils mobiles pour plusieurs activités, pas seulement pour utiliser l'application d'apprentissage mobile, mais aussi pour consulter des dictionnaires numériques, enregistrer des leçons, utiliser un tableau blanc pour accéder ultérieurement à des images, annoter des documents PDF et d'autres tâches. De plus, les résultats indiquent que 20,4 % des participants sont tout à fait d'accord et 63,3 % sont d'accord que le système d'apprentissage mobile adaptatif peut augmenter considérablement leur motivation à apprendre. Ils estiment

que cela pourrait améliorer leur processus d'apprentissage en personnalisant le contenu en fonction de leurs besoins, préférences et contexte. Cependant, 4,1 % des participants n'étaient pas d'accord et 16,3 % avaient une opinion neutre sur l'utilisation d'un système d'apprentissage mobile adaptatif pour améliorer leur processus d'apprentissage.

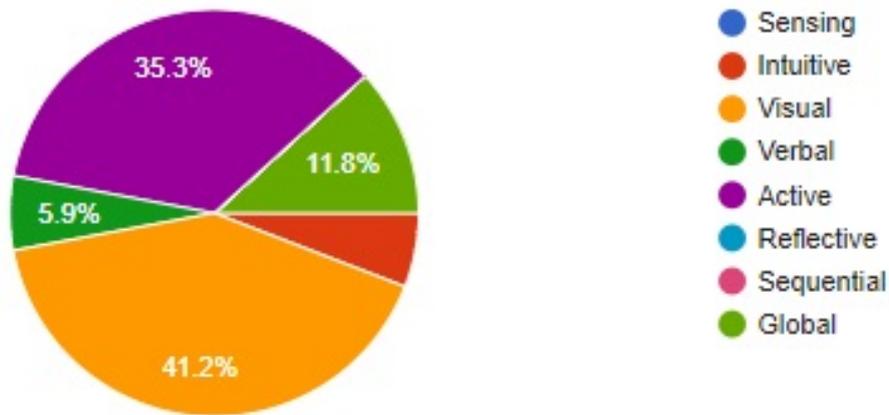


Figure V.22 – Style d'apprentissage des participants selon le questionnaire sur le style d'apprentissage.

Les résultats de l'étude montrent que la majorité des étudiants ont un style d'apprentissage visuel ou actif, avec 41,2 % ayant un style visuel, aimant voir des images et des démonstrations, 35,3 % ayant un style actif, préférant apprendre en utilisant activement les informations, 11,8 % ayant un style global, apprenant par sauts de bugs, 5,9 % préférant les cours audio et l'apprentissage verbal et 5,8 % étant des apprenants intuitifs.

Selon le tableau V.3, les résultats indiquent que la plupart des participants estiment que les supports de cours Cyborg présentés sur leurs Smartphones sont clairs et que le matériel d'apprentissage recommandé par le système est pertinent pour eux, avec 17,6% d'entre eux étant tout à fait d'accord et 70,6% étant d'accord. Les participants ont trouvé que le système d'apprentissage mobile sensible au contexte était pratique et utile pour leur processus d'apprentissage, car ils pouvaient accéder au matériel d'apprentissage en tout temps et en tout lieu. 82% d'entre eux ont déclaré que c'était une aide efficace. Il a été constaté que la plupart des participants étaient satisfaits de la qualité des supports de cours proposés sur le système d'apprentissage mobile sensible au contexte, avec 17,6% d'entre eux exprimant un accord total et 58,8% s'accordant à dire que cela pouvait stimuler leur motivation à apprendre. 11,8% de participants qui n'ont pas été d'accord avec l'affirmation que le matériel d'apprentissage de conception sur le système d'apprentissage mobile sensible au contexte proposé peut promouvoir leurs intérêts d'apprentissage, ils ont proposé d'améliorer le design et l'interface de l'application. Dans les questionnaires pré-test et post-test, les participants ont été invités à évaluer leur intérêt pour le domaine des Cyborgs en répondant à la question : « Dans quelle mesure êtes-vous intéressé par le domaine des Cyborgs ? » Les réponses ont été notées sur une échelle de 1 à 10,

où 1 signifie «Pas intéressé» et 10 signifie «Intéressé».

Question	Stronglyagree	Agree	Neutral	Disagree	Strongly disagree
I agree that the Cyborg course materials presented on my phone are very clear.	17.6%	70.6%	11.8%	0%	0%
I agree that the Learning Material recommended by the system is highly relevant to my context.	17.6%	58.8%	23.5%	0%	0%
I agree that the proposed Context-aware Mobile Learning System is a useful learning tool to assist my learning process.	5.9%	76.5%	17.6%	0%	0%
I agree that the system is very convenient as I can use the learning material anytime and anywhere.	0%	82.4%	17.6%	0%	0%
I agree that the design learning materials on the proposed Context-aware Mobile Learning System can promote my learning interests.	17.6%	58.8%	11.8%	0%	11.8%

Tableau V.3 – Résultats des réponses des étudiants de post-test questionnaire

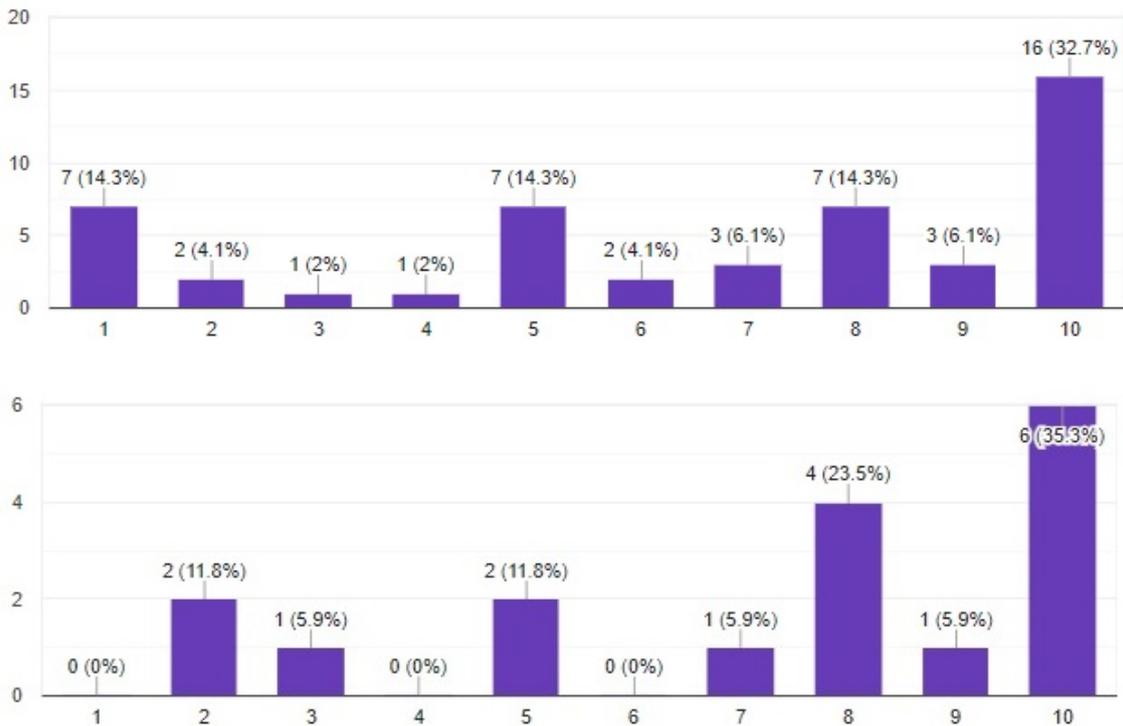


Figure V.23 – Les réponses des étudiants à la question "How much are you interested in the domain of Cyborgs?", le questionnaire pré-test en haut, et le questionnaire post-test en bas

La figure V.23 montre comment le système d'apprentissage mobile sensible au contexte a augmenté l'intérêt des participants pour le domaine des Cyborgs. Les résultats du questionnaire pré-test ont révélé que 53,1% des étudiants étaient intéressés par le domaine des Cyborgs, avec une échelle de 8 à 10, et cet intérêt a augmenté à 64,7% dans les résultats du questionnaire post-test.

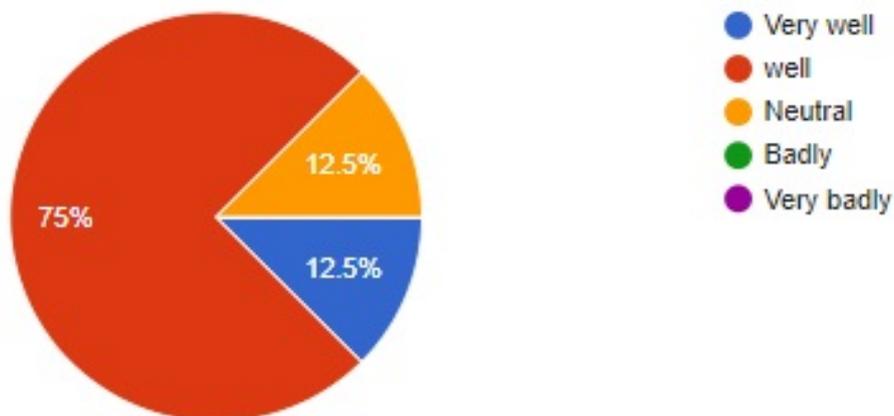


Figure V.24 – Les réponses des étudiants à la question "How well did you understand the Cyborg course?" dans le questionnaire post-test

Les données montrent que les participants ont obtenu de bonnes performances au test d'évaluation (figure V.24), ce qui indique une amélioration de leur compréhension et connaissance

du domaine des Cyborgs suite à l'utilisation du système d'apprentissage mobile sensible au contexte. Cela montre que le système d'apprentissage mobile proposé est efficace pour améliorer l'intérêt des participants dans le domaine des Cyborgs, et qu'il permet une bonne compréhension du matériel d'apprentissage personnalisé. Selon les résultats de l'évaluation, 90% des participants ont déclaré que l'application mobile était intuitive et qu'ils étaient satisfaits de la façon dont le matériel d'apprentissage était adapté à leur contexte et à leurs préférences. Cependant, ils ont proposé des améliorations pour la conception graphique de l'interface utilisateur.

V.6 Conclusion

Ce chapitre décrit la mise en place d'une approche combinant l'apprentissage mobile et l'apprentissage adaptatif. Le modèle proposé a été conçu pour s'adapter aux besoins de différents apprenants en leur fournissant une expérience d'apprentissage adaptée à leur contexte, leurs styles d'apprentissage et leurs préférences. Le modèle proposé a été conçu pour différents apprenants ayant des caractéristiques différentes afin de leur fournir un apprentissage approprié qui correspond à leur contexte, à leur style d'apprentissage et à leurs préférences. Pour tester cette approche, nous avons développé une application pour fonctionner sur des appareils Android qui a été testée par des étudiants. Les résultats des tests et des questionnaires montrent que les participants ont obtenu de bons résultats et que leur niveau de connaissances s'est amélioré progressivement. En outre, les utilisateurs ont exprimé leur satisfaction quant à l'utilité et l'adaptation du contenu de l'application, et étaient motivés à poursuivre son utilisation comme outil d'apprentissage. Toutefois, certains utilisateurs ont exprimé leur insatisfaction quant à l'interface graphique de l'application. En conséquence de cela, nous prévoyons de mettre l'accent sur cette partie de notre projet en intégrant des adaptations de formats et en ajoutant des formats multimédias de présentation pour améliorer la satisfaction des utilisateurs. En effet, il est nécessaire d'ajouter des paramètres supplémentaires pour gérer l'adaptation des nouveaux formats.

Conclusions Générales

La pandémie de COVID-19 a créé des défis pour les établissements d'enseignement à travers le monde, entraînant des changements importants dans l'environnement d'enseignement et d'apprentissage. Pour relever ces défis, l'utilisation de l'apprentissage mobile (m-Learning) est devenue essentielle pour les éducateurs et les étudiants. Cette thèse propose une approche adaptative basée sur des agents utilisant le Cloud Computing pour un système d'apprentissage mobile. Cette approche vise à améliorer l'alignement des outils pédagogiques mobiles avec les préférences et les contextes des apprenants. L'architecture proposée utilise des agents pour offrir autonomie, réactivité, proactivité, sociabilité et flexibilité. Les ressources de calcul peuvent être partagées sur un réseau, permettant de n'installer qu'un seul agent sur les appareils mobiles des apprenants. En utilisant le Cloud Computing, les limitations de stockage des appareils mobiles sont réduites et la portée des matériaux d'apprentissage est augmentée, car ils peuvent être diffusés sous n'importe quel format.

L'un des objectifs clés de l'apprentissage mobile est de fournir aux étudiants les ressources appropriées au bon moment et de la manière la plus efficace. Pour atteindre cet objectif, nous avons mis en place un processus d'adaptation du contenu d'apprentissage en fonction du profil de chaque étudiant (besoins, niveaux, préférences, etc.) et des caractéristiques de leur appareil mobile.

En nous basant sur notre approche proposée, nous avons créé une application pour appareils Android qui a été testée par des étudiants. Les résultats des tests et des questionnaires montrent que les participants ont obtenu de bons résultats et que leur niveau de connaissances s'est amélioré au cours de l'expérience. Les étudiants ont également exprimé leur satisfaction quant à l'utilité et l'adaptation du contenu de l'application, et ont été motivés à continuer à l'utiliser pour leur apprentissage futur. Cependant, certains ont exprimé leur insatisfaction quant à l'interface graphique de l'application. En conséquence, nous nous concentrerons à l'avenir sur l'adaptation des formats et l'ajout de formats multimédias pour satisfaire davantage les apprenants.

Le développement et l'évaluation de ce projet sont encore en cours. En plus des améliorations prévues mentionnées précédemment, nous avons l'intention de créer un module spécifique pour les enseignants pour qu'ils puissent suivre les progrès de leurs élèves.

Une fois l'application entièrement développée, nous espérons qu'elle contribuera significati-

vement à l'amélioration des résultats d'apprentissage des étudiants mobiles. Elle sera facilement utilisable dans les différents contextes, comme à la maison, en classe, en bibliothèque, en gare routière et dans les transports, pour aider les élèves à organiser leur temps d'apprentissage même en dehors de l'environnement de la salle de classe ou d'un ordinateur.

Notre système d'apprentissage mobile sensible au contexte a été mis en place et testé avec des étudiants de différents domaines et universités. Les résultats ont montré son utilité et son efficacité en pratique. Les étudiants ont apprécié la clarté des matériels de cours présentés sur leur smartphone et ont trouvé que les matériels d'apprentissage recommandés par le système étaient pertinents pour eux. Ils ont également considéré notre système comme pratique et utile pour les aider dans leur processus d'apprentissage et pour favoriser leurs intérêts d'apprentissage. Dans l'avenir, nous allons tester l'application avec plus d'étudiants de différents domaines et spécialités pour obtenir davantage de résultats et recueillir les commentaires des enseignants sur notre proposition.

Afin de continuer à développer notre projet, nous avons l'intention d'optimiser l'expérience utilisateur de notre application mobile en travaillant sur l'interface. Nous prévoyons également d'ajouter des contextes supplémentaires pour améliorer la personnalisation de l'apprentissage. De plus, nous allons effectuer des expérimentations avec des étudiants de différents niveaux et formations pour élargir notre champ d'analyse. Il sera également important de comparer les résultats obtenus avec ce système à ceux d'un système d'apprentissage traditionnel pour évaluer les performances respectives.

Nous prévoyons de développer des fonctionnalités supplémentaires pour améliorer l'adaptation du parcours d'apprentissage en fonction des besoins et des intérêts de chaque utilisateur. De plus, nous souhaitons mettre en place des mécanismes de collaboration pour favoriser la motivation des apprenants.

Nous envisageons également d'aborder les questions de sécurité liées à l'utilisation de Cloud Computing, notamment la protection de la confidentialité et de l'intégrité des données, ainsi que les échanges et les communications à travers Internet.

Bibliographie

- [1] Wang, Z., Qadir, A., Asmat, A., Aslam Mian MS. & Luo, X. (2022). The Advent of Coronavirus Disease 2019 and the Impact of Mobile Learning on Student Learning Performance : The Mediating Role of Student Learning Behavior. *Front. Psychol*, 12 :796298, pages 16. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.796298>
- [2] Kabir, F., & Kadage, T. (2017). ICTs and educational development : the utilization of mobile phones in distance education in Nigeria. *Turkish Online J. Distance Educ.*, 18, 63?76. <https://doi.org/10.17718/tojde.28571663?76>.
- [3] Bidin, S., & Ziden, A. (2013). Adoption and application of mobile learning in the education industry. *Procedia Soc. Behav. Sci.*, 90, 720?729. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.07.145>
- [4] Ismail, I., Azizan, S. N. & Gunasegaran, T. (2016). Mobile learning in malaysian universities : are students ready? *Int. J. Interact. Mobile Technol.*, 10, 17?23. <https://doi.org/10.3991/ijim.v10i3.5316>
- [5] Chouchane, Kh., & Kazar, O. (2021). A New Cloud-Based Adaptive Mobile Learning System Using Multi-Agent Paradigm, *International Journal of Organizational and Collective Intelligence*, 12(3). Pages 9. <https://doi.org/10.4018/IJOICI.306694>
- [6] Alabbadi, Mohssen, M. (2011). Mobile Learning (m-Learning) Based on Cloud Computing : mLearning as a Service (mLaaS), In the proceeding of UBICOMM 2011 : The Fifth International Conference on Mobile Ubiquitous Computing, Systems, Services and Technologies.
- [7] Chan, T., Sharples, M., Vavoula, G. & Lonsdale, P. (2004). Educational Metadata for mobilelearning, *International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education*. 197 - 198. <https://doi.org/10.1109/WMTE.2004.1281386>

- [8] Derntl, M., & Hummel, K. (2005). Modelling context-aware e-learning scenarios. Third IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications Workshops, PerCom 2005 Workshops. 337- 342. <https://doi.org/10.1109/PERCOMW.2005.60>
- [9] Syvanen, A., Beale, R., Sharples, M., Ahonen, M. & Lonsdale, P. (2005). Supporting Pervasive Learning environments : Adaptibility and Context Awareness in Mobile Learning, In the Proceedings of the 2005 IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education (WMTE'05). Tokushima, Japan, 2005, 3 pp-253. <https://doi.org/10.1109/WMTE.2005.62>
- [10] Quinn, C. (2000). mLearning : mobile, wireless, in-your-pocket learning. LiNE Zine. Fall. <http://www.linezine.com/2.1/features/cqmmwiyp.htm>
- [11] Sharples, M. (2006). Big issues in mobile learning. Kaleidoscope Network of Excellence Mobile Learning Initiative - workshop report. https://telearn.hal.science/file/index/docid/190254/filename/Sharples_Big_Issues.pdf
- [12] Kim, S. H., Mims, C. & Holmes, K. P. (2006). An Introduction to Current Trends and Benefits of Mobile Wireless Technology Use in Higher Education. AACE Journal, 14(7), 77-100.
- [13] Matheos, K., Daniel B. K. & McCalla G. L. (2005). Dimensions for Blended Learning Technology : Learners' perspectives. Journal of Learning Design, 1(1), 56-76. <https://doi.org/10.5204/jld.v1i1.9>
- [14] Haverila, M. & Barkhi, R. (2009). The Influence of Experience, Ability and Interest on e-Learning Effectiveness, European Journal of Open, Distance and e-Learning, 2(3), 45-66.
- [15] Begicevic, N. & Divjak, B. (2006). Decision Making Model for Strategic Planning of e-Learning Implementation. Journal of Information and Organizational Sciences, 31(1), 11-23.
- [16] Trifonova, A. & Ronchetti, M. (2003). A General Architecture for M-Learning. Trento, Italy : Department of Information and Communication Technology, University Of Trento. [www.trifonova.net/docs/AGeneralArchitectureforMLearning\(m-ICTE2003\).pdf](http://www.trifonova.net/docs/AGeneralArchitectureforMLearning(m-ICTE2003).pdf)
- [17] Rosenberg, M. J. (2001). E-Learning : Strategies for Delivering Knowledge in the Digital Age. New York : McGraw-Hill.

- [18] Clark, R. C. & Mayer, R. E. (2003). *E-Learning and the Science of Instruction*. San Francisco : Jossey-Bas.
- [19] Caudill, J. G. (2007). The growth of m-learning and the growth of mobile computing : Parallel developments. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 8(2). <https://doi.org/10.19173/irrodl.v8i2.348>
- [20] Sarrab, M., Alalwan, N., Alzahrani, A., & Elgamel, L. (2013). Exploring the advantage of M-learning as a service through cloud computing : a survey. *Proceedings of IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE2013)*, IEEE Xplore. Bali Dynasty Resort, Kuta, Indonesia.
- [21] Bell, B. S., & Federman, J. E. (2013). E-learning in Postsecondary Education. *The Future of Children*, 23(1), 165-185. <https://doi.org/10.1353/foc.2013.0007>
- [22] Motiwalla, L. F. (2007). Mobile learning : A framework and evaluation. *Computers & Education*, 49(3), 581-596. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2005.10.011>
- [23] Welsh, E. T., Wanberg, C. R., Brown, K. G., & Simmering, M. J. (2003). E-learning : emerging uses, empirical results and future directions. *International Journal of Training and Development*, 7(4), 245-258. <https://doi.org/10.1046/j.1360-3736.2003.00184.x>
- [24] Hadjiathanasiou, P. (2009). The E-Learning Readiness of Cyprus primary teachers ahead of Dias system integration into Cyprus schools. *European Journal of Open, Distance and E-Learning*.
- [25] Brown, T. H. (2003). The Role of M-learning in the Future of E-learning in Africa? In *Proceedings of the 21st ICDE World Conference*, Hong Kong, 1-12.
- [26] Georgiev, T., Georgieva, E. & Smrikarov, A. (2004). M-learning : A new stage of e-learning. In *Proceedings of the International Conference on Computer Systems and Technologies - CompSysTech, 2004*, Rouse, Bulgaria.
- [27] Peters, K. (2007). M-learning : Positioning educators for a mobile, connected future. *The International Review of Research in Open and Distance Learning*, 8(2), 1-17. <https://doi.org/10.19173/irrodl.v8i2.350>

- [28] Barzegar, R. (2016). Revolution in E-Learning by the Modern Educational Model in Mobile Learning. *Journal of Advances in Computer Engineering and Technology*, 2(1), 45-52. https://jacet.srbiau.ac.ir/article_8871_c5eff43b13e1c71816821b2579ee912b.pdf
- [29] Khaddage, F., Christensen, R., Lai, W., Knezek, G., Norris, C., & Soloway, E. (2015). A model driven framework to address challenges in a mobile learning environment. *Education and Information Technologies*, 20(4), 625-640. <https://doi.org/10.1007/s10639-015-9400-x>
- [30] Pinkwart, N., Hoppe, H.U., Milrad, M. & Perez, J. (2003). Educational Scenarios For The Cooperative Use Of Personal Digital Assistants. *Journal Of Computer Assisted Learning*, 19, 3, 383-391. <http://doi.org/10.1046/j.0266-4909.2003.00039.x>
- [31] Naismith, L., Sharples, M., Vavoula, G., & Lonsdale, P. (2004). Report 11 : Literature Review in Mobile Technologies and Learning, University of Birmingham, ISBN : 0-9548594-1-3 Futurelab.
- [32] Sharma, S.K., & Kitchens, F.L. (2004). Web Services Architecture For M-Learning. *Electronic Journal On E-Learning*, 2(1), 203-216.
- [33] Shahid, I. W., & Waqar, M. (2008). Integrating Mlearning With E-Learning. *Proceedings Of The 9th Acm Special Interest Group For Information Technology Education (Sigite '08)*, Ohio-Usa, 31-37. <https://doi.org/10.1145/1414558.1414568>
- [34] Nyíri, K. (2002). Towards A Philosophy Of M-Learning. *Proceedings Of The Ieee, International Workshop On Wireless And Mobile Technologies In Education (Wmte '02)*. Vaxjo, Sweden : Ieee Computer Society, 121-124. <http://doi.org/10.1109/WMTE.2002.1039233>
- [35] O'Malley, C. et al., Guidelines for learning/teaching/tutoring in a mobile environment, D4.1 of MOBilearn project. <http://www.mobilearn.org/download/results/guidelines.pdf>
- [36] Velasco, A., Carabias, J., Conde, M. A. & Garcia, F. J. (2007). Claynet : content adaptation in mobile learning. *IADIS International conference Mobile Learning*, 269-272. 269-272.
- [37] O'Malley, C., Vavoula, G., Taylor, J., Sharples, M., Lefrere, P., Lonsdale, P., Naismith, L. & Waycott, J. (2005). D4.1 Guidelines for learning in a mobile environment. <http://www.MOBilearn/UoB.OU/wp4/d4.1/1.2>
- [38] Traxler, J. (2005). Defining mobile learning. Paper presented at the *IADIS International Conference Mobile Learning Qawra, Malta*, 261-266.

- [39] Laouris, Y. & Eteokleous, N. (2005). We need an educationally relevant definition of mobile learning. World Conference on mLearning. Cape Town, South Africa.
- [40] Becking, D., Betermieux, S., Bomsdorf, B., Birgit, F., Heuel, E., Langer, P. & Schlageter, G. (2004). Didactic profiling : supporting the mobile learner. In G.Richards (Ed.), World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare, and Higher Education, Chesapeake, VA : AACE, 1760-1767.
- [41] Bankmycell, How Many People Have Smartphones Worldwide. Retrieved 3 January 2023, from <https://www.bankmycell.com/blog/how-many-phones-are-in-the-world>
- [42] Statista, number of global mobile users since 2010. Retrieved 14 January 2023, from <https://www.statista.com/statistics/218984/number-of-global-mobile-users-since-2010/>
- [43] Oberlo, How many people have smartphones, Retrieved 14 January 2023, from <https://www.oberlo.com/statistics/how-many-people-have-smartphones>
- [44] Hirsch, B., & Ng, J. W. (2011). Education beyond the cloud : anytime-anywhere learning in a smart campus environment. Paper presented at the Internet Technology and Secured Transactions (ICITST), 2011 IEEE International Conference, 718-723.
- [45] Sharples, M. (2000). The design of personal mobile technologies for lifelong learning. *Computers & Education*, 34(3-4), 177-193. [https://doi.org/10.1016/S0360-1315\(99\)00044-5](https://doi.org/10.1016/S0360-1315(99)00044-5)
- [46] Anshari, M., Almunawar, M. N., Shahrill, M., Wicaksono, D. K., & Huda, M. (2017). Smartphones usage in the classrooms : Learning aid or interference? *Education and Information Technologies*, 22(6), 3063-3079. <https://doi.org/10.1007/s10639-017-9572-7>
- [47] Mahamad, S., Ibrahim, M. N., & Taib, S. M. (2010). M-learning : A new paradigm of learning mathematics in Malaysia. arXiv preprint arXiv :1009.1170.
- [48] Lam, J., & Duan, C. (2012). A review of mobile learning environment in higher education sector of Hong Kong : Technological and social perspectives *Hybrid Learning*, Springer, 165-173. https://doi.org/10.1007/978-3-642-32018-7_16
- [49] Liaw, S.-S., Hatala, M., & Huang, H.-M. (2010). Investigating acceptance toward mobile learning to assist individual knowledge management : Based on activity theory approach. *Computers & Education*, 54(2), 446-454. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.08.029>

- [50] Churchill, D., Fox, B., & King, M. (2012). Study of affordances of iPads and teachers' private theories. *International Journal of Information and Education Technology*, 2(3), 251. <http://doi.org/10.7763/IJJET.2012.V2.122>
- [51] Ally, M., Grimus, M., & Ebner, M. (2014). Preparing teachers for a mobile world, to improve access to education. *Prospects*, 44(1), 43-59. <https://doi.org/10.1007/s11125-014-9293-2>
- [52] Keengwe, J., & Bhargava, M. (2014). Mobile learning and integration of mobile technologies in education. *Education and Information Technologies*, 19(4), 737-746. <https://doi.org/10.1007/s10639-013-9250-3>
- [53] Bates, T. (1997). *Restructuring the University for Technological Change : Murdoch University*.
- [54] Alexander, S. (2001). E-learning developments and experiences. *Education+ Training*, 43(4/5), 240-248. <https://doi.org/10.1108/00400910110399247>
- [55] Stead, G. (2005). Moving mobile into the mainstream. Paper presented at the MLearn.
- [56] Boticki, I., Baksa, J., Seow, P., & Looi, C.-K. (2015). Usage of a mobile social learning platform with virtual badges in a primary school. *Computers & Education*, 86, 120-136. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.02.015> 86, 120-136.
- [57] Lu, J., Meng, S., & Tam, V. (2014). Learning Chinese characters via mobile technology in a primary school classroom. *Educational Media International*, 51(3), 166-184. <https://doi.org/10.1080/09523987.2014.968448>
- [58] Churchill, D., & Wang, T. (2014). Teacher's use of iPads in higher education. *Educational Media International*, 51(3), 214-225. <http://doi.org/10.1080/09523987.2014.968444>
- [59] Domingo, M. G., & Garganté, A. B. (2016). Exploring the use of educational technology in primary education : Teachers' perception of mobile technology learning impacts and applications' use in the classroom. *Computers in Human Behavior*, 56, 21-28. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.11.023>
- [60] Guo, Y.R., Cao, Q.D., Hong, Z.S., Tan, Y.Y., Chen, S.D., Jin, H.J., Tan, K.S., Wang, D.Y., Yan, Y. (2020). The Origin, Transmission and Clinical Therapies on Coronavirus

- Disease 2019 (COVID-19) Outbreak-An Update on the Status. *Mil. Med Res.*, 7, 1-10.
<https://doi.org/10.1186/s40779-020-00240-0>
- [61] Shereen, M.A., Khan, S., Kazmi, A., Bashir, N., Siddique, R. (2020). COVID-19 Infection : Emergence, Transmission, and Characteristics of Human Coronaviruses. *J. Adv. Res.*, 24, 91-98. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2020.03.005>
- [62] McAleer, M. (2020). Prevention Is Better Than the Cure : Risk Management of COVID-19. *J. Risk Financ. Manag.*, 13, 46. <https://doi.org/10.3390/jrfm13030046>
- [63] Atmojo, A.E.P., Nugroho, A. (2020). EFL Classes Must Go Online! Teaching Activities and Challenges during COVID-19 Pandemic in Indonesia. *Regist. J.*, 13, 49-76. <http://dx.doi.org/10.18326/rgt.v13i1.49-76>
- [64] Krishnakumar, B., & Rana. S. (2020). COVID 19 in India : Strategies to combat from combination threat of life and livelihood. *Journal of Microbiology, Immunology and Infection*, 53(3), 389-391. <https://doi.org/10.1016/j.jmii.2020.03.024>
- [65] Bekithemba, D., & Vusumuzi, M. Thuthukile, J. (2021). Mobile Learning App In The Covid-19 Crisis Among High School Students In Zimbabwe : Construction Of New Learning Conditions *Multicultural Education*, 7(3).
- [66] Al-Emran, M. (2020). Mobile learning during the era of COVID-19 *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, Fundación Universitaria Católica del Norte Colombia, no. 61,1-2. <https://doi.org/10.35575/rvucn.n61a1>
- [67] Saikat, S., Dhillon, J.S., Wan, Ahmad, W.F. (2021). Jamaluddin, R.A. A, Systematic Review of the Benefits and Challenges of Mobile Learning during the COVID-19 Pandemic. *Educ. Sci.*, 11, 459. <https://doi.org/10.3390/educsci11090459>
- [68] Asanov, I., Flores, F., McKenzie, D., Mensmann, M., Schulte, M. (2021). Remote-Learning, Time-Use, and Mental Health of Ecuadorian High-School Students during the COVID-19 Quarantine. *World Dev.*, 138, 105-225. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2020.105225>
- [69] Bacolod, D. B. (2022). Mobile Learning as a Solution for Restricted Learning during the COVID-19 Pandemic. *Journal of Digital Educational Technology*, 2(1). <https://doi.org/10.21601/jdet/11584>

- [70] Goldschmidt, K. (2020). The COVID-19 Pandemic : Technology Use to Support the Wellbeing of Children. *J. Pediatric Nurs.*, 53, 88-90. <https://doi.org/10.1016%2Fj.pedn.2020.04.013>
- [71] Zalat, M.M., Hamed, M.S., Bolbol, S.A. (2021). The Experiences, Challenges, and Acceptance of E-Learning as a Tool for Teaching during the COVID-19 Pandemic among University Medical Staff. e0248758, *PLoS ONE* 2021, 16.
- [72] Vector Solutions (2021, August 2). The Role of Mobile Learning during COVID. 2020. <https://www.vectorsolutions.com/newsmedia/blog/role-of-mobile-learning-during-covid/>
- [73] Ngwacho, A.G. (2020). COVID-19 Pandemic Impact on Kenyan Education Sector : Learner Challenges and Mitigations. *J. Res. Innov. Implic. Educ.*, 4, 128-139.
- [74] Dhawan, S. (2020). Online Learning : A Panacea in the Time of COVID-19 Crisis. *J. Educ. Technol. Syst.*, 49, 5-22. <http://doi.org/10.1177/0047239520934018>
- [75] Singh, V. ; Thurman, A. (2019). How Many Ways Can We Define Online Learning ? A Systematic Literature Review of Definitions of Online Learning (1988-2018). *Am. J. Distance Educ.*, 33, 289-306. <http://doi.org/10.1080/08923647.2019.1663082>
- [76] Amarnath, M. (2018). Custom Training and E-learning, Anywhere Anytime!. Benefits and Limitations of Mobile Learning. <https://blog.commlabindia.com/elearning-development/mlearning-benefits-limitations>
- [77] Murphy, G. (2011). Post-PC devices : A summary of early iPad technology adoption in tertiary environments. *E-Journal of Business Education & Scholarship of Teaching*, 5 (1), 18-32. http://www.ejbest.org/upload/eJBEST_Murphy_2011_1.pdf
- [78] Furió, D., Juan, M. C., Seguí, I., & Vivó, R. (2015). Mobile learning vs. traditional classroom lessons : a comparative study. *Journal of Computer Assisted Learning*, 31(3), 189-201. <http://doi.org/10.1111/jcal.12071>
- [79] Corbeil, J. R., & Valdes-Corbeil, M. E. (2007). Are you ready for mobile learning ? *Educate Quarterly*, 30(2), 51.
- [80] Hartnell-Young, E., & Vetere, F. (2008). A means of personalising learning : Incorporating old and new literacies in the curriculum with mobile phones. *Curriculum journal*, 19(4), 283-292. <https://doi.org/10.1080/09585170802509872>

- [81] Korucu, A. T., & Alkan, A. (2011). Differences between m-learning (mobile learning) and e-learning, basic terminology and usage of m-learning in education. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 15, 1925-1930.
- [82] Barker, A., Krull, G., & Mallinson, B. (2005). A proposed theoretical model for m-learning adoption in developing countries. Paper presented at the Proceedings of mLearn. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=77661f9fcc6291271be7728a886ee62c3409a7ec>
- [83] Thomas, K. M., O'Bannon, B. W., & Britt, V. G. (2014). Standing in the schoolhouse door : Teacher perceptions of mobile phones in the classroom. *Journal of Research on Technology in education*, 46(4), 373-395. <http://dx.doi.org/10.1080/15391523.2014.925686>
- [84] Kukulska-Hulme, A. (2007). Mobile usability in educational contexts : what have we learnt? *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 8(2). <https://doi.org/10.19173/irrodl.v8i2.356>
- [85] Oz, H. (2015). An Investigation of Preservice English Teachers' Perceptions of Mobile Assisted Language Learning. *English Language Teaching*, 8(2), 22-34. <http://dx.doi.org/10.5539/elt.v8n2p22>
- [86] Jisc, J. (2017). Mobile learning. <https://www.jisc.ac.uk/guides/mobile-learning> [14/1/23].
- [87] Ozdamli, F., & Cavus, N. (2011). Basic elements and characteristics of mobile learning. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 28. 937-942. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.11.173>.
- [88] Ahonen, M., Pehkonen, M., Syvanen, A., & Turunen, H. (2004). Mobile learning and evaluation. Interim report. Digital Learning 2 project. working papers. University of Tampere : Hypermedia Laboratory.
- [89] Cavus, N., & Ibrahim, D. (2009). M-learning : an experiment in using SMS to support learning new English language words. *British Journal of Educational Technology*, 40(1), 78-91. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-8535.2007.00801.x>
- [90] Bonk, C. J., & Graham, C. R. (2006). *Handbook of blended learning : global perspectives, local designs*. San Francisco, CA : Pfeiffer Publishing.

- [91] Ocak, M. (2010). Blend or not to blend : a study investigating faculty members' perceptions of blended teaching. *World Journal on Educational Technology*, 2(3), 196-205.
- [92] Chidi, G. A. (2002). AT&T wireless launches mobile web service in US. *Wireless IT World*.
- [93] BenMoussa, C. (2003). Workers on the move : new opportunities through mobile commerce. Presented at the International Conference e-Society (IADIS), 3-6 June, Lisbon, Portugal, 251-256.
- [94] Zhang, D. (2003). Delivery of personalized and adaptive content to mobile devices : a framework and enabling technology. *Communications of the Association for Information Systems*, 12, 183-202. <https://doi.org/10.17705/1CAIS.01213>
- [95] Virvou, M., & Alepis, E. (2005). Mobile educational features in authoring tools for personalized tutoring. *Computers & Education*, 44, 53-68. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2003.12.020>
- [96] Uzunboylyu, H., Cavus, N. & Ercag, E. (2009). Using mobile learning to increase environmental awareness. *Computers & Education*, 52(2), 381- 389. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.09.008>
- [97] Cavus, N., & Uzunboylyu, H. (2009). Improving critical thinking skills in mobile learning. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 1(1), 434- 438. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2009.01.078>
- [98] Georgieva E., et al. (2005). A General Classification of Mobile Learning Systems. International conference on computer systems and technologies 2005. Technical University, Varna, Bulgaria.
- [99] Georgieva E. (2006). A Comparison Analysis of Mobile Learning Systems , International Conference on Computer Systems and Technologies - CompSysTech' 2006.
- [100] Frohberg D. (2006). Mobile Learning is Coming of Age - What we have and what we still miss, Institut fur Informatik, Universit?at Zurich Binzmuhlestr. Schweiz.
- [101] Benlamri, R., Berri, J., & Atif, Y. (2006). A Framework for Ontology-aware Instructional Design and Planning, *International Journal of E-Learning Knowledge Society*, 2(1), 83-96. <http://dx.doi.org/10.20368/1971-8829/703>

- [102] Dagger, D., Wade, V., & Conlan, O. (2003). Towards "anytime, anywhere" learning : The role and realization of dynamic terminal personalization in adaptive e-learning. In Ed-Media 2003, World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications, Hawaii.
- [103] Dey, A.K., & Abowd, G. (2000). Towards a better understanding of context and context-awareness, Proceedings 2000 Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI), The Hague, The Netherlands.
- [104] Dey, A. K., & Abowd, G. D. (1999). Towards a Better Understanding of Context and Context-awareness. In In HUC '99 : Proceedings of the 1st international symposium on Handheld and Ubiquitous Computing, Springer-Verlag, 304-307.
- [105] Schilit, B., Adams, N. & Want, R. (1994). Context-aware computing applications. IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, 85-90. <https://doi.org/10.1109/WMCSA.1994.16>
- [106] Chen, G., & Kotz, D. (2000). A Survey of Context-Aware Mobile Computing Research. Dartmouth Computer Science Technical Report TR2000-381.
- [107] Schmidt, A. (2005), Potentials and Challenges of Context-Awareness for Learning Solutions, Workshop of the SIG Adaptivity and User Modelling in Interactive Systems.
- [108] Baldauf, M., Dustdar, S., & F. Rosenberg. (2007). A Survey on Context-aware Systems. Int. J. Ad Hoc Ubiquitous Computing, 2(4), 263-277. <http://dx.doi.org/10.1504/IJAHUC.2007.014070>
- [109] Salber, D., Dey, A. K., & Abowd, D. (1998). Ubiquitous Computing : De_ning HCI Research : Agenda for an Emerging Interaction Paradigm. Technical report.
- [110] Schilit, B. & Theimer, M. (1994). Disseminating Active Map Information to Mobile Hosts. Network, IEEE, 8(5), 22-32. <https://doi.org/10.1109/65.313011>
- [111] Ryan, N. S., Pascoe, J., & Morse, D. R. (1998). Enhanced Reality Fieldwork : the Context-aware Archaeological Assistant. In Computer Applications in Archaeology 1997. Tempus Reparatum.
- [112] Pascoe, J. (1998). Adding Generic Contextual Capabilities to Wearable Computers. In Wearable Computers, Digest of Papers. Second International Symposium on, 92-99.

- [113] Brown, P. J. (1998). Triggering Information by Context. *Personal and Ubiquitous Computing*, V2, 18-27. <https://doi.org/10.1007/BF01581843>
- [114] Dey, A. K. (2001). Understanding and Using Context. *Personal and Ubiquitous Computing*, 5, 4-7. <https://doi.org/10.1007/s007790170019>
- [115] Khedo, K. K. (2006). Context-Aware Systems for Mobile and Ubiquitous Networks. In *Proceedings of the International Conference on Networking, International Conference on Systems and International Conference on Mobile Communications and Learning Technologies*, IEEE Computer Society, 123.
- [116] Xiaosheng, T., Qinghua, S., & Ping, Z. (2006). A Distributed Context-aware Model for Pervasive Service Environment. *IEEE Computer Society*. <https://doi.org/10.1109/ISWPC.2006.1613629>
- [117] Baseed, E. I., Berri, J., Zemerly, M. J., & Benlamri, R. (2007). Web-based contextaware m-learning architecture. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 1(1), 1-6. <https://doi.org/10.3991/ijim.v1i1.167>
- [118] Wang, Y. K., (2004). Context Awareness and Adaptation in Mobile Learning. *Proceedings - 2nd IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education*, 154-158. <https://doi.org/10.1109/wmte.2004.1281370>
- [119] Cui, Y., & Bull, S. (2005). Context and learner modelling for the mobile foreign language learner. *Science Direct, System 33 (2005)*, 353-367.
- [120] Winters, N. & Price, S. (2004). Mobile HCI and the learning context : an exploration. *International Workshop on Context in Mobile HCI. LOCATION ?*
- [121] Schilit, B., Adams, N. & Want, R. (1994). Context-aware computing applications. *Workshop on Mobile Computing Systems and Applications*, 88-90. <https://doi.org/10.1109/WMCSA.1994.16>
- [122] Kaenampornpan, M. & O'Neill, E. (2004). An integrated context model : bringing activity to context. *Advanced Context Modelling, Reasoning and Management : UbiComp*.
- [123] Schmidt, A. (2000). Implicit human computer interaction through context. *Personal Technologies*, 4(2), 191-199. <https://doi.org/10.1007/BF01324126>

- [124] Marmasse, N. & Schmandt, C. (2000). Location-aware information delivery with comMotion. *Lecture Notes in Computer Science*, Springer-Verlag, 157-171.
- [125] Synnes, K., Nord, J. & Parnes, P. (2003). Location privacy in the Alipes platform, *International Conference on System Sciences*, 10-19. <https://doi.org/10.1109/HICSS.2003.1174843>
- [126] Chan, T., Sharples, M., Vavoula, G. & Lonsdale, P. (2004). Educational metadata for mobile learning. *International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education*, 197.
- [127] Schmidt, A. (2005). Potentials and challenges of context-awareness for learning solutions. *Workshop of the SIG Adaptivity and User Modelling in Interactive Systems*.
- [128] Martin, E., Carro, R. and Rodriguez, P. (2006). Recommending activities in collaborative m-learning. *International Conference on Adaptive Hypermedia and Adaptive Web-based Systems*.
- [129] Syvänen, A. et al., (2005). Supporting Pervasive Learning Environments : Adaptability and Context Awareness in Mobile Learning. In *WMTE*, 251-253. <https://doi.org/10.1109/WMTE.2005.62>
- [130] Chow, J. Y. (2013). Nonlinear learning underpinning pedagogy : Evidence, challenges, and implications. *Quest*, 65, 469-484. <https://doi.org/10.1080/00336297.2013.807746>
- [131] Sampson D., & Karagiannidis C. (2002). Personalised learning : Educational, technological and standardization perspective. *Interact Educ Multimed IEM* 24, 39-39.
- [132] Berge, Z. L., Muilenburg, L., & Muilenburg, L. (2013). Seamless learning : An international perspective on next-generation technology-enhanced learning. In *Handbook of Mobile Learning*. <https://www.taylorfrancis.com>
- [133] Shute, V. J., & Rivera D.Z. (2012). Adaptive Educational Systems. Chrysa-fiadi, K., & Virvou, M. (2013). Student modeling approaches : A literature review for the last decade. *Expert Systems with Applications*, 40, 4715-4729. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2013.02.007>

- [134] Chrysafiadi, K., & Virvou, M. (2013). Student modeling approaches : A literature review for the last decade. *Expert Systems with Applications*, 40, 4715-4729. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2013.02.007>.
- [135] Su, J.-M., Tseng, S.-S., Lin, H.-Y., & Chen, C.-H. (2011), A personalized learning content adaptation mechanism to meet diverse user needs in mobile learning environments. *User Modeling and User- Adapted Interaction*, 21, 5-49. <https://doi.org/10.1007/s11257-010-9094-0>
- [136] Al-Hmouz, A., Shen, J., Yan, J., & Al-Hmouz, R. (2010). Enhanced learner model for adaptive mobile learning. In : *Proceedings of the 12th international conference on information integration and web-based applications & services*. ACM, 783-786. <https://doi.org/10.1145/1967486.1967614>
- [137] Reategui, E., Boff, E., & Campbell, J. A. (2008). Personalization in an interactive learning environment through a virtual character. *Computers in Education*, 51, 530-544. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2007.05.018>
- [138] Vandewaetere, M., Desmet, P., & Clarebout, G. (2011). The contribution of learner characteristics in the development of computer-based adaptive learning environments. *Computers in Human Behavior*, 27, 118-130. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2010.07.038>
- [139] Crompton , H. (2013). A historical overview of mobile learning : Toward learner-centered education. In Z L Berge & L Y Muilenburg (Eds.), *Handbook of mobile learning*, Florence, KY Routledge, Italy. 3-14. <https://doi.org/10.4324/9780203118764.ch1>
- [140] Karimi, S. (2016). Do learners' characteristics matter? An exploration of mobile-learning adoption in selfdirected learning. *Computers in Human Behavior*, 63, 769-776. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.06.014>
- [141] Keengwe, J., & Bhargava, M. (2014). Mobile learning and integration of mobile technologies in education. *Education and Information Technologies*, 19, 737-746.
- [142] Tsatsou, D., Vretos, N., & Daras, P. (2019). Adaptive game-based learning in multi-agent educational settings. *J Comput Educ*, 6, 215-239. <https://doi.org/10.1007/s40692-018-0118-9>

- [143] Tseng, J. C. R., Chu, H.-C., Hwang, G.-J., & Tsai, C.-C. (2008). Development of an adaptive learning system with two sources of personalization information. *Computers in Education*, 51, 776-786. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2007.08.002>
- [144] Honey, P. (2001). Honey and Mumford LS Questionnaire. <http://www.peterhoney.com/product/learningstyles>
- [145] Keefe, J. W. (1979). Learning style : an overview, in J. W. Keefe (ed.), *Student LS : Diagnosing and prescribing programs*. NASSP.
- [146] Curry, L. (1987). Integrating concepts of cognitive or LS : A review with attention to psychometric standards. Ottawa : Canadian College of Health Service Executives.
- [147] Felder, R. & Silverman, L. (1988). LS and teaching styles in engineering education. *Engineering Education*, 78(7), 674-681.
- [148] Gardner, H. (1993). *Multiple intelligences : the theory in practice*. New York : Basic books.
- [149] Kolb, D. (1984). *Experiential learning : experience as the source of learning and development*. Englewood Cliffs, NJ : Prentice-Hall.
- [150] Briggs, K. & Myers, I. (1977). *Myers-Briggs Type Indicator*. Palo Alto, CA : Consulting Psychologist Press, Inc.
- [151] Dunn, R. & Dunn, K. (1978). *Teaching students through their individual LS : A practical approach*. Reston, VA : Prentice-Hall.
- [152] Brennan, M. (2005). Teaching undergraduate programming using LOs. EU Minerva funded project paper.
- [153] Lee, M. C., Ye, D. Y. & Wang, T. I. (2005). Java learning object ontology. *International Conference on Advanced Learning Technologies*, 538-542. <https://doi.org/10.1109/ICALT.2005.185>
- [154] Adamchik, V. & Gunawardena, A. (2003). A LOs approach to teaching programming. *International Conference on Information Technology : Computers and Communications*. <http://doi.org/10.1109/ITCC.2003.1197507>

- [155] Smith, S. (2006). Creating mobile learning....? Conference on Handhand Learning-Education on the Move.
- [156] Bradley, C., Haynes, R., Cook, J., Boyle, T. & Smith, C. (2009). Design and development of multimedia LOs for mobile phones. Mobile learning : transforming the delivery of education and training, 157-182. https://meu.edu.jo/libraryTheses/5873465a85f50_1.pdf
- [157] Yau, J. (2004). LOs and the teaching of Java programming. MSc thesis. University of Warwick, UK. Yau, J. (2010) Java LOs Experiment. <http://www2.warwick.ac.uk/fac/sci/dcs/research/edtech/surveys/jy>
- [158] Kay, R. (2007). A systematic evaluation of LOs for secondary school students. Journal of Educational Technology Systems, 35(4), 411-448.
- [159] Das, M.M., Chithralekha, T., & SivaSathya, S. (2010). Static context model for context-aware e-learning. International Journal of Engineering Science and Technology, 2(6), 2337-2346. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=ec9966e952c024d202034c41e843baccea87ccd>
- [160] Economides, A.A. (2009). Adaptive context-aware pervasive and ubiquitous learning. International Journal of Technology Enhanced Learning, 1 (3), 169-192. <http://doi.org/10.1504/IJTEL.2009.024865>
- [161] Hong, M., & Cho, D. (2008). Ontology context model for context-aware learning service in ubiquitous learning environments. International Journal of Computers, 2(3), 172-178.
- [162] Zervas, P., Gomez, S., Fabregat, R., & Sampson, D. (2011). Tools for context-aware learning design and mobile delivery. Proceeding 11th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2011), 534-535. <https://doi.org/10.1109/ICALT.2011.164>
- [163] Siadaty, M., Torniai, C., Gas'evic, D., Jovanovic, J., Eap, T., & Hatala, M. (2008). m-LOCO : An ontology-based framework for contextaware mobile learning. In : Proc. Sixth International Workshop on Ontologies and Semantic Web for E-Learning. <http://compsci.wssu.edu/iis/swel/SWEL08/Papers/Siadaty.pdf>
- [164] Christopoulou, E. (2008). Context as a necessity in mobile applications. In : Klinger, K. (Ed.), User Interface Design and Evaluation for Mobile Technology, 187-204.

- [165] ZHAO, X., ANMA, F, NINOMIYA, T., & OKAMOTO T. (2008). Personalized Adaptive Content System for Context-Aware Mobile Learning IJCSNS International 154 Journal of Computer Science and Network Security August 2008, 8(8).
- [166] Gomez, S., Zervas, P., Demetrios, G., Fabregat, S., R., (2014). Context-aware adaptive and personalized mobile learning delivery supported by UoLmP, Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences, 26, 47-61. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2013.10.008>
- [167] Castro, G. G., Domínguez, E. L., Velázquez, Y. H., Matla, M. Y. R., Toledo, C.B.E., & Hernández, S. E. P. (2016). MobiLearn : Context-Aware Mobile Learning System, IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS, 14(2).
- [168] Yau, J., Yin-Kim & Joy, M. (2006). Context-aware and adaptive learning schedule for mobile learning. In : International Workshop on Mobile and Ubiquitous Learning Environments (MULE) at the International Conference on Computers in Education (ICCE2006), Beijing, China, 30 Nov - 4 Dec 2006, 17-24.
- [169] Soualah-Alila, F., Nicolle, Ch., & Mendes, F. (2014). Context-Aware Adaptive System For MLearning Personalization. IE14 13 the International Conference on Informatics in Economy Education, Apr 2014, Bucharest, Romania. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01238330/document>
- [170] Siadaty, M., Torniai, C., Gašević, D., Jovanovic, J., Eap, T. M., & Hatala, M. m-LOCO : An Ontology-based Framework for Context-Aware Mobile Learning. <https://cite-seerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.156.2737&rep=rep1&type=pdf>
- [171] Basaeed, E.I., Berri, J. , Zemerly, M.J., & Benlamri, R. Web-based Context-Aware m-Learning Architecture, iJIM International Journal of Interactive Mobile Technologies.
- [172] Kasakia, N., Kurabayashib, S., & Kiyoki, Y. (2012). The 9th International Conference on Mobile Web Information Systems (MobiWIS) A geo-location context-aware mobile learning system with adaptive correlation computing methods 1877-0509, Published by Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2012.06.076>
- [173] Basaeed, E., Berri, J., Zemerly, M., J., (2007). Learner-Centric Context-Aware Mobile-Learning, IEEE Multidisciplinary Engineering Education Magazine, June 2007, 2(2),

- [174] Benlamri & Zhang (2014). Human-centric Computing and Information Sciences Context-aware recommender for mobile learners. <http://www.hcis-journal.com/content/4/1/12>
- [175] Chen, Ch.Ch., & Huang, T.Ch. (2012). Learning in a u-Museum : Developing a context-aware ubiquitous learning environment, *Computers & Education* 59 (2012) 873-883. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.04.003>
- [176] Ching-Bang, Y. (2017). Constructing a User-Friendly and SmartUbiquitous Personalized Learning Environmentby Using a Context-Aware Mechanism, *IEEE Transactions On Learning Technologies*, January-March 2017, 10(1).
- [177] Red de Centros de Reflexión Estratégica de Oportunidades de la Innovación I-CREO. (2013). Recuperado el 11 de 02 de 2014, <http://www.femeval.es/informesymanuales/Documents/i-CREO%20CLOUD%20COMPUTING/files/cloud%20computing.pdf>
- [178] Badger, M. Grance, T., Patt-Corner, R. & Voas, J. (2012). Cloud Computing Synopsis and Recommendations, Special Publication (NIST SP), National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD.
- [179] Joyanes Aguilar, L. (2012). *Computación en la Nube, Estrategias de Cloud Computing en las Empresas* (Primera ed.). México : Alfaomega.
- [180] Carsten Ullrich, Ruimin Shen, Ren Tong & Xiaohong Tan. (2010). A mobile live video learning system for large scale learning system design and Evaluation. *IEEE Transactions on learning Technologies*. January -March 2010, 3(1). <https://doi.org/10.1109/TLT.2009.54>
- [181] S. Shankar, (2009). Amazon elastic compute cloud.
- [182] Shuai, Q. & Zhou, M. Q. (2011). Cloud computing promotes the progress of m-learning. *Proceedings of the International Conference on Uncertainty Reasoning and Knowledge Engineering, URKE 2011*, 2, 162-164. <https://doi.org/10.1109/URKE.2011.6007934>
- [183] Mohamed Osman M. El-Hussein and Johannes C.Cronje. Defining Mobile Learning in the Higher Education Landscape. *Educational Technology & Society*.13 (3), 12-21.
- [184] Verma, K., Dubey, S., & Rizvi. M.A. (2012). Mobile Cloud a New vehicle for Learning : MLearning its issues and Challenges. *International Journal of Science and Applied Information Technology*, July-August 2012, 1(3).

- [185] Shuai, Qin, & Zhou Ming-quan. (2011). Cloud computing promotes the progress of m-learning, Uncertainty Reasoning and Knowledge Engineering. International conference on IEEE, Aug. 2011, 4-7, 2, 162-164. <https://doi.org/10.1109/URKE.2011.6007934>
- [186] Hoand, T., Dinh, Chonho Lee, Dusit Niyato & Ping Wang. (2013). A Survey of Mobile Cloud Computing : Architecture, Applications and Approaches. Wireless Communication and Mobile Computing, 13, 1587-1611. <http://doi.org/10.1002/wcm.1203>
- [187] Chen, M., Yan Ma, Yikun Liu, Fan Jia, Yanhui Ran & Jie Wang. (2013). Mobile learning System Based on Cloud Computing. Journal of Networks, November 2013, 8(11).
- [188] Mohssen, M. & Alabbadi, (2011). Mobile Learning (mLearning) Based on Cloud Computing : MLearning as a Service (mLaaS). The Fifth International conference on mobile Ubiquitous Computing, Systems, Services and Technologies.
- [189] Pragaladan, R, & Leelavathi, M. (2014). A Study of Mobile Cloud Computing and Challenges. International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering. July 2014, 3(7).
- [190] Masud, A. H., & Huang X.. A Cloud Based M-Learning Architecture for Higher Education. <http://www.researchgate.net/publications/235758554>
- [191] Ghadirli, H. M., & Rastgarpour, M. (2013). A Paradigm for the Application of Cloud Computing in Mobile Intelligent Tutoring Systems. International Journal of Software Engineering & Applications (IJSEA), March 2013, 4(2).
- [192] Boyinbode, O. & Akintade, F. (2015). A Cloud Based Mobile Learning Interface. In Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science 2015, WCECS 2015. San Francisco, USA, 1, 353-356. http://www.iaeng.org/publication/WCECS2015/WCECS2015_pp353-356.pdf
- [193] Aleksandar, K. & D. Danco, (2013). Adaptive multimedia learning delivered in mobile cloud computing environment. The Fourth International Conference on Cloud Computing, GRIDs, and Virtualization. Macedonia : IARIA. 62-66.
- [194] Afolabi, A.O. (2014). On mobile cloud computing in a mobile learning system. Journal of Information Engineering and Applications, 4(5), 82-87.

- [195] Kitanov, S. & Davcev, D. (2012). Mobile Cloud Computing Environment as a Support for Mobile Learning. Third International Conference on Cloud Computing, GRIDs, and Virtualization Mobile, MCC, 99-105. http://www.thinkmind.org/index.php?view=article&articleid=cloud_computing_2012_4_40_20097
- [196] Badidi, E. (2016). A cloud-based framework for personalized mobile learning provisioning using learning objects metadata adaptation. CSEDU 2016 - Proceedings of the 8th International Conference on Computer Supported Education, 1(Csedu), 368-375. <https://doi.org/10.5220/0005810603680375>
- [197] Ferber, J. (2013). Multi-Agent System : An Introduction to Distributed Artificial, Intelligence, Harlow : Addison Wesley Longman, 1999, Paper : ISBN 0-201-36048-9. "Logics for Multiagent Systems" by Wiebe van der Hoek and M. Wooldridge.
- [198] Sustavi, V., Primjene, M., Lukama, Z. (2023, February 15). <https://data.fesb.unist.hr/public/news/KDI%20Vi%C5%A1e-agentski%20sustavi%20i%20mogu%C4%87nosti%20primjene%20u%20zra%C4%8Dnim%20lukama-3509192658.pdf>
- [199] Sustavi višestrukih agenata u kartografskoj generalizaciji, (2023, February 15). <https://hrcak.srce.hr/81662>
- [200] ?urak, I. (2012). Višeagentski sustav za optimizaciju procesa izrade vremenskog rasporeda, https://elearning.fesb.unist.hr/pluginfile.php/81876/mod_page/content/12/Curak_Ivan_2012.pdf
- [201] MAS, (2017, October 15) https://www.fer.unizg.hr/_download/repository/IMAS1.pdf
- [202] Andronico A. et al. (2003). Integrating a multi-agent recommendation system into a Mobile Learning Management System, Dipartimento di Ingegneria Dell'informazione, Università degli Studi di SIENA, Italy.
- [203] Chi-Wing, Lo., Kwun-Tak, Ng., & Qin, Lu. (2001). CJK Knowledge Management In Multi-Agent M-Learning System, Department Of Computing, Hong Kong Polytechnic University, Kowloon, Hong Kong.

- [204] Meere, D. et al. (2010). Adaptation for Assimilation : Shaping Context-Sensitive M-learning Services within a Multi-agent Environment, Sixth Advanced International Conference on Telecommunications (AICT 2010), ISBN : 978-1-4244-6748-8, Barcelona. May 2010, 74 - 79. <https://doi.org/10.1109/AICT.2010.63>
- [205] Esmahi, L., & Badidi, E. (2004). An Agent-Based Framework for Adaptive M-learning, Innovations in Applied Artificial Intelligence, Lecture Notes in Computer Science, Volume 3029/2004, ISBN : 978-3-540-24677-0-77, 749-758.
- [206] Glavinic, V., Rosic, M., & Zelic, M. (2007). Agents in m-Learning Systems Based on Intelligent Tutoring, HCII 2007, LNCS 4556, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 578-587. https://doi.org/10.1007/978-3-540-73283-9_64
- [207] Kinshuk, & Taiyu, L. (2003). Improving mobile learning environments by applying mobile agents technology, Massey University, Palmerston North, New Zealand.
- [208] Wang, Sh., Chen, Q., & Behrmann, M. (2008). Agent-based Ubiquitous m-Learning Portal for K-12 Teachers, CSTST 2008, Cergy-Pontoise, France. <https://doi.org/10.1145/1456223.145632>
- [209] Han, S. G., Han, H.S., & K J.B., (2004). SCORM-Based Contents Collecting Using Mobile Agent in M-learning, PCM 2004, LNCS 3332, Springer- Verlag Berlin Heidelberg.
- [210] Garvey, F., & Sankaranarayanan, S. (2012). Intelligent Agent based Flight Search and Booking System. (IJARAI) International Journal of Advanced Research in Artificial Intelligence, 1(4). 12-28.
- [211] Rutgers University, (2003, October 6). Agent-Based Models of Industrial Ecosystems. <http://policy.rutgers.edu/andrews/projects/abm/abmarticle.htm>.
- [212] Shiban, Y., Schelhorn, I., Jobst, V., Hörnlein, A., Puppe, F., Pauli, P., & Mühlberger A. (2015). The appearance effect : Influences of virtual agent features on performance and motivation Computers in Human Behavior, August 2015, 49, 5-11. <http://doi.org/10.1016/j.chb.2015.01.077>
- [213] TAN, Y., HAN, J., & WU, Y. (2010). A Multiagent Based Efficient Resource Discovery Mechanism for Grid Systems. Journal of Computational Information Systems, 6(11), 3623-3631.

- [214] SHI Xuhua & QIAN Feng (2012). A Multi-agent Artificial Immune Network Algorithm for the Tray Efficiency Estimation of Distillation Unit Chinese Journal of Chemical Engineering, 20(6), 1148-1153. [https://doi.org/10.1016/S1004-9541\(12\)60600-4](https://doi.org/10.1016/S1004-9541(12)60600-4)
- [215] Berna-Koes, M., Nourbakhsh, & I., Sycara, K. Communication Efficiency in Multi-Agent Systems.
- [216] Zhi-Hong, G., Bin, H, Ming, Ch., Ding-Xin, H., & Xin-Ming, Ch. (2014). Guaranteed performance consensus in second-order multiagent Systems with hybrid impulsive control. *Automatica*, 50, 2415-2418.
- [217] Phuong, T., Nguyen, V. S. & Wilhelm, R. R. (2023). Performance Comparison of some Message Transport Protocol Implementations for Agent Communication. <http://subs.emis.de/LNI/Proceedings/Proceedings186/193.pdf>.
- [218] Java Agent Development Framework. (2023, March 20). <http://www.jade.tilab.com>
- [219] Bellifemine, F. & Caire, G. & Greenwood, D. (2007). *Developing Multi-Agent Systems with JADE*, John Wiley & Sons Ltd, 978-0-470-05747-6, England. 145-161.
- [220] Mahmoud, Q.H. (2001). *MobiAgent : An Agent-based Approach to Wireless Information Systems*. In Proc. of the 3rd Int. Bi-Conference Workshop on Agent-Oriented Information Systems, May 28 - June 1, 2001, Montreal, Canada.
- [221] AgentLight - Platform for Lightweight Agents. <http://www.agentlight.org>
- [222] microFIPA-OS Agent Platform. <http://www.cs.helsinki.fi/group/crumpet/mfos>
- [223] Laukkanen, M. (2002). *Agents on Mobile Devices*, Sonera Corporation.
- [224] Li, S., & Knudsen, J. (2005), *Beginning J2ME : From Novice to Professional*, Third Edition ISBN :1-59059-479-7, Springer-Verlag GmbH & Co. KG, Tiergartenstr. 17, 69112 Heidelberg, Germany. <https://dai.fmph.uniba.sk/borovan/JAVAME/Apress%20%20Beginning%20J2ME,%203rd%20Edition.pdf>
- [225] Jinesh, V. & Sajee, M. (2014), *Overview of Amazon Web Services*, Amazon Web Services.
- [226] Chouchane, Kh., Ali, A., Augusto, J. C., Kazar, O. (2019). *Context in Mobile Learning : The Point of View of the Learners*, Intelligent Environments 2019, IOS Press. 4.0 (CC BY-NC 4.0). <http://doi.org/10.3233/AISE190053>

Annexe A

Questionnaire 1

Dans ce questionnaire, nous essayons de comprendre quels contextes d'apprentissage sont importants pour le processus d'apprentissage, du point de vue des apprenants et de comprendre leurs besoins et préférences, pour utiliser ces informations dans notre nouvelle approche d'apprentissage mobile sensible au contexte.

Question 1 : Have you ever used Mobile devices for learning ?

Yes	No

Question 2 : Do you prefer to study at home/class ?

Home	
Class	

Why?

Question 3 : Do you prefer to collaborate and to communicate with the other learners during the Mobile Learning process ?

Yes	No

Question 4 : During the Mobile Technology Facilitated Learning, which Communication Technology do you prefer to use to communicate with them ?

SMS	Email	Social media	Video Conference	Video Chat Room

Question 5 : What do you think about using your personal preferences to personalize the learning content ?

Strongly disagree	Disagree	No opinion	Agree	Strongly agree

Question 6 : Do you prefer that the learning content will be adapted according to the mobile device capabilities ?

Yes	No

Why?

Question 7 : What do you think about using your prior knowledge to personalize the learning content ?

Strongly disagree	Disagree	No opinion	Agree	Strongly agree

Question 8 : Do you prefer that the learning content will be adapted according to the Network performance ?

Yes	No

Why?

Question 9 : I agree that applying location-based techniques can assist my learning.

Strongly disagree	Disagree	No opinion	Agree	Strongly agree

Annexe B

Pre-test Questionnaire utilisé dans la validation de système

Question 1 : Have you ever used Mobile devices for learning ?

Yes	No

Question 2 : Have you ever used a Mobile Learning Application ?

Yes	No

Which one?.....

Question 3 : What type of mobile phone do you have ?

.....

Question 4 : Do you think that Context-aware mobile learning system can promote your learning motivation much more ? Why ?

Strongly disagree	Disagree	No opinion	Agree	Strongly agree

Question 5 : How much are you interested in the domain of Cyborgs ? Please answer on a scale from 1 to 10, where 1 means "Not interested" and 10 means "Interested"

1	...	10

.....

Question 6 : I agree that a Context-aware Mobile Learning System can assist my learning process. Why ?

Strongly disagree	Disagree	No opinion	Agree	Strongly agree

Annexe C

Post-test Questionnaire utilisé dans la validation de système

Question 1 : How much score have you got in the assessment test ?

.....

Question 2 : I agree that the Cyborg course materials presented on my phone are very clear.

Strongly disagree	Disagree	No opinion	Agree	Strongly agree

Question 3 : I agree that the Learning Material recommended by the system is highly relevant with my context.

Strongly disagree	Disagree	No opinion	Agree	Strongly agree

Question 4 : I agree that the proposed Context-aware Mobile Learning System is a useful learning tool to assist my learning process.

Strongly disagree	Disagree	No opinion	Agree	Strongly agree

Question 5 : I agree that the system is very convenient ; because I can perform learning material at any time and place.

Strongly disagree	Disagree	No opinion	Agree	Strongly agree

Question 6 : I agree that the design learning materials on the proposed Context-aware Mobile Learning System can promote my learning interests.

Strongly disagree	Disagree	No opinion	Agree	Strongly agree

Question 7 : How much are you interested in the domain of Cyborgs? Please answer on a scale from 1 to 10, where 1 means "Not Interested" and 10 means "Interested".

1	...	10

Why?.....

Question 8 : How well did you understand the Course of Cyborg? Why?

Very badly	Badly	Neutral	Well	Very well

.....

Question 9 : Assess the following characteristics of the system :

	Very bad	Bad	Neutral	Good	Very Goog
Design of the screen / interface					
Adaptation of the Learning content according to the context					
Ease to use / User friendliness					

Question 10 : Which improvements would you do to the system ?

Annexe D

Les questions utilisées pour évaluer l'apprenant dans l'application mobile MLCyborg

Please answer these questions to evaluate your knowledge about Cyborgs :

1. The word "CYBORG" comes from cement.
 - CYBernetetic and ORGAnism
 - CYberpunk and Bionic and ORGAnisation
2. A Cyborg is
 - A mechanical device capable of carrying out complex operations, particularly complex mechanical operations.
 - A person who has been combined with mechanical or computerized devices.
 - A robot in the shape of a person
3. If we use mobile phone every day, we're not considered as Cyborgs.
 - True.
 - False
4. Anyone who uses a computer or other electronic device to work, socialize, create or study is a Cyborg.
 - True.
 - False.
5. A Cyborg beetle is

- A beetle implanted with electronic components, which receive signals to command the insect and to control the flight of the beetle.
- A beetle-inspired robot, which simulates the behaviour of a beetle.

6. The Cyborg beetle technology can be used in :

- Searching for someone, such as in a criminal investigation or finding a terrorist.
- Botanic gardens and Botany.
- Medical purposes, to save human lives.
- Military and spy.

7. Choose from the list below of Hollywood and famous characters, which one is a Cyborg, Robot or Android.

	Cyborg	Robot	Android
Frankenstein from Van Helsing (2004)			
The T-800 in Terminator 2 : Judgment Day (1991)			
Terminator : dark fate(2019)			
Tony Stark from Ironman (2008)			
Doctor Octopus from Spider-Man 2 (2004)			
Robocop (1987)			
Sophia			
Eva in Ex machine (2015)			
Alita from battle angel (2018)			
Data from Star Trek			
Victor Stone From justice league (2017)			
Captain America : The Winter Soldier (2014)			
Baymax from Big Hero 6 (2014)			
Darth Vader from Star Wars			
Transformers (2007) Erica created by Hiroshi Ishiguro			

8. A Cyborg is also classified as "android", and all androids are robots.

- True.
- False.

9. A real life Cyborg is :

- A human who incorporates sensors into himself.
- A robot with human appearance.

10. Do you think that the use of Cyborgs can make a human :

- Get rid of Colour-blindness.

- Embed a 2GB USB port into his prosthetic finger.
- A blind person can see again by receiving an artificial vision system.
 - True.
 - False.