

# Table de matières

<b>INTRODUCTION GENERALE .....</b>	<b>1</b>
<b>Chapitre I : Apprentissage Mobile .....</b>	<b>3</b>
<b>I.1. INTRODUCTION.....</b>	<b>4</b>
<b>I.2. DU E-LEARNING AU M-LEARNING .....</b>	<b>5</b>
<b>I.3. HISTOIRE DU MOBILE LEARNING .....</b>	<b>7</b>
<b>I.4. L'APPRENTISSAGE MOBILE.....</b>	<b>9</b>
I.4.1. Définitions de M-learning .....	9
I.4.2. Essor de la technologie mobile.....	10
I.4.3. Les dispositifs mobiles .....	12
I.4.4. Avantages du m-learning.....	15
I.4.5. Les inconvénients du m-learning .....	16
I.4.6. Caractéristiques de l'apprentissage mobile .....	17
<b>I.5. CLASSIFICATION DE L'APPRENTISSAGE MOBILE.....</b>	<b>19</b>
I.5.1. Classification selon les technologies de l'information et de communication ..	19
I.5.2. Classification selon les théories d'apprentissage .....	20
I.5.3. Classification selon la technologie mobile .....	21
I.5.4. Classification selon le contexte .....	22
<b>I.6. CONCLUSION.....</b>	<b>24</b>
<b>Chapitre II : Etat de l'art des travaux pour le MLearning .....</b>	<b>26</b>
<b>II.1. INTRODUCTION.....</b>	<b>26</b>
<b>II.2. UNE ARCHITECTURE GENERALE DEVELOPEE SUR LA PLATEFORME DE L'E-LEARNING.....</b>	<b>26</b>
<b>II.3. APPROCHE BASEE SUR LES SERVICES WEB.....</b>	<b>28</b>
<b>II.4. APPROCHE ADAPTATIVE ET CONTEXT-AWARE POUR L'APPRENTISSAGE MOBILE.....</b>	<b>29</b>
II.4.1. L'adaptation de l'apprentissage.....	31
II.4.2. La sensibilité au contexte (context-awareness).....	32
II.4.2.1. Architectures context-aware .....	33
<b>II.5. APPROCHES BASEES AGENTS .....</b>	<b>34</b>

II.5.1. Les agents mobiles et les défis des environnements de l'apprentissage mobile.....	35
II.5.2. Quelques travaux exploitant la technologie Agent pour le Mlearning .....	37
II.5.2.1. Plateforme basée agent (Bee-gent framework) .....	38
II.5.2.2. Approche Agents Mobile dans l'environnement d'apprentissage mobile (Mobile Transaction ACID) .....	40
<b>II.6. SYNTHÈSE DES TRAVAUX.....</b>	<b>42</b>
<b>II.7. CONCLUSION.....</b>	<b>45</b>
<b>Chapitre III : Modélisation de l'approche.....</b>	<b>47</b>
<b>III.1. INTRODUCTION .....</b>	<b>47</b>
<b>III.2. STYLES D'APPRENTISSAGE.....</b>	<b>48</b>
<b>III.3. L'ARCHITECTURE PROPOSÉE.....</b>	<b>50</b>
<b>III.4. DESCRIPTION DES AGENTS DU SYSTÈME.....</b>	<b>51</b>
III.3.1. Agent Interface .....	51
III.3.2. Agent Tuteur .....	53
III.3.3. Agent Sensor .....	55
III.3.4. Context-aware Agent.....	57
III.3.5. Supervisor Agent.....	58
III.3.6. Agent d'adaptation.....	59
<b>III.5. LES DIAGRAMMES DE SÉQUENCE.....</b>	<b>62</b>
III.6.1. Scénario 1 : Inscription d'un nouvel apprenant.....	63
III.6.2. Scénario 2 : Connexion de l'apprenant au système.....	65
III.6.3. Scénario 3 : lancement de cours .....	67
III.6.4. Scénario 4 : évaluation de l'apprenant .....	69
<b>III.7. PROFIL DE L'APPRENANT.....</b>	<b>71</b>
<b>III.8. PROFIL DU COURS .....</b>	<b>71</b>
<b>III.9. CONCLUSION.....</b>	<b>73</b>
<b>Chapitre 4 : Implémentation.....</b>	<b>75</b>
<b>IV.1. INTRODUCTION .....</b>	<b>75</b>
<b>IV.2. ENVIRONNEMENT DE DÉVELOPPEMENT .....</b>	<b>75</b>
IV.2.1. Plateforme JADE.....	75
IV.2.1.1. Les agents dans JADE.....	78

IV.2.1.2. La création d'un agent.....	79
IV.2.1.3. Identificateur.....	80
IV.2.1.4. Comportement d'un agent.....	80
IV.2.2. Plateforme Jade-LEAP .....	81
IV.2.2.1. LEAP IMTP.....	82
IV.2.2.2. Le mode d'exécution Split .....	83
IV.2.3. Communication inter-agent.....	85
IV.2.4. Application J2ME.....	85
<b>IV.3. PRESENTATION DE PROTOTYPE .....</b>	<b>86</b>
<b>IV.4. TEST DE L'APPROCHE .....</b>	<b>90</b>
IV.4.1. Test des messages du scénario de connexion.....	91
IV.4.2. Test des messages du scénario de demande de cours.....	91
<b>IV.5. CONCLUSION .....</b>	<b>92</b>
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>94</b>
<b>Annexe .....</b>	<b>96</b>
<b>Bibliographie .....</b>	<b>104</b>

# Table de figures

<b>Figure I-1.</b> Le positionnement de l'apprentissage mobile comme une partie de l'E-learning et de d-learning.....	5
<b>Figure I-2.</b> Le point de vue de la communauté MLearn.....	7
<b>Figure I-3.</b> Illustration de Dynabook par Alan C. Kay en 1972.....	7
<b>Figure I-4.</b> L'évolution de téléphone portable.....	8
<b>Figure I-5.</b> Nombre de mobiles vendus dans le monde en 2009 (en millions d'unités).....	11
<b>Figure I-6.</b> Une classification de l'apprentissage mobile.....	20
<b>Figure I-7.</b> Classification des technologies mobiles.....	22
<b>Figure I-8.</b> Classification de l'apprentissage selon le contexte.....	23
<b>Figure II-1.</b> Architecture général et générique de l'apprentissage mobile.....	27
<b>Figure II-2.</b> Architecture flexible de services pour le M-Learning.....	29
<b>Figure II-3.</b> Architecture du système <i>Context-Sensitive</i> .....	33
<b>Figure II-4.</b> Fonctionnement d'un agent mobile.....	35
<b>Figure II-5.</b> Scénario du travail d'agent mobile.....	38
<b>Figure II-6.</b> Architecture de l'environnement d'apprentissage mobile utilisant des agents mobiles.....	39
<b>Figure II-7.</b> Architecture de l'utilisation de Bee-gent.....	40
<b>Figure II-9.</b> Processus de réplication.....	41
<b>Figure III-2.</b> Architecture proposée du MLS.....	51
<b>Figure III-3.</b> Architecture de l'agent interface.....	52
<b>Figure III-4.</b> Architecture de l'agent tuteur.....	54
<b>Figure III-5.</b> Architecture d'agent sensor.....	56
<b>Figure III-6.</b> Architecture de l'agent d'adaptation de contexte.....	57
<b>Figure III-7.</b> Architecture de l'agent superviseur.....	59
<b>Figure III-8.</b> Architecture de Adaptation Engine Agent.....	61
<b>Figure III-10.</b> Diagramme de séquence AUML de scénario 1.....	64
<b>Figure III-10.</b> Diagramme de séquence AUML de scénario 2.....	66
<b>Figure III-11.</b> Diagramme de séquence AUML de scénario 3.....	68
<b>Figure III-12.</b> Diagramme de séquence AUML de scénario 4.....	70
<b>Figure III.13</b> exemple d'une unité de cours.....	72

<b>Figure III-14.</b> Décomposition d'un cours.....	73
<b>Figure IV-1.</b> Interface graphique de la plate-forme JADE.....	76
<b>Figure IV-2.</b> Plateformes et Container de JADE.....	77
<b>Figure IV-3.</b> Le cycle de vie d'un de JADE.....	79
<b>Figure IV-4.</b> L'environnement d'exécution de JADE-LEAP.....	82
<b>Figure IV-5.</b> LEAP IMTP.....	83
<b>Figure IV-6.</b> Les modes d'exécution dans JADE LEAP.....	84
<b>Figure IV-7.</b> La fenêtre d'accueil de l'application.....	86
<b>Figure IV-8.</b> La fenêtre de l'inscription de l'apprenant.....	87
<b>Figure IV-10.</b> La fenêtre de la connexion de l'apprenant.....	88
<b>Figure IV-11.</b> La fenêtre de lancement de cours.....	89
<b>Figure IV-12.</b> Exemples des cours adaptés.....	90
<b>Figure IV-13.</b> Les messages échangés dans le processus de connexion.....	91
<b>Figure IV-14.</b> Les messages échangés dans le processus de demande de cours.....	92

## Table de tableaux

<b>Tableau I-1.</b> Comparaison de terminologie de l'E-learning et l'apprentissage mobile (d'après Sharma et Kitchen).....	6
<b>Tableau I-2.</b> Comparaison entre les paramètres typiques des appareils mobiles utilisés pour le m-learning.....	13
<b>Tableau II-1.</b> Comparatif des architectures de l'apprentissage mobile.....	43
<b>Tableau III-1.</b> Dimensions de styles d'apprentissage.....	49
<b>Tableau III-2.</b> Echelle ILS.....	50
<b>Tableau III-3.</b> Les styles d'apprentissage et les types de ressource d'apprentissage appropriés.....	72
<b>Tableau IV-1.</b> Prise en charge des modes d'exécution dans JADE-LEAP.....	84

# Introduction Générale

# Introduction Générale

L'évolution rapide des technologies mobile et sans fil ont créé une nouvelle dimension de la vie des gens modernes, elle facilite leurs activités quotidiennes et résume les distances entre eux, et elle lui permet de faire plusieurs tâches n'importe où et n'importe quand. Lorsque ces technologies ont commencé à être utilisées en conjonction avec l'apprentissage, un nouveau paradigme a été émergé, il s'agit de l'apprentissage mobile (en anglais mobile learning ou M-learning). Depuis son apparition il a suscité beaucoup d'attention par les chercheurs dont la tentative de proposer des approches pour adresser les limites de l'environnement de l'apprentissage mobile. Ces limites sont liés aux appareils mobiles utilisé par les apprenants tels que ; la puissance de traitement réduite, la capacité de mémoire faible, la batterie et la taille de l'écran limités, d'autres limitations sont liées aux réseaux sans fil, qu'ils sont caractérisés par leur latence élevé, connectivité intermittente, et une bande passante faible. En plus de la mobilité des apprenants qui résulte un changement permanent de contexte. Par ailleurs, un système d'apprentissage mobile doit supporter la variété d'apprenants qu'ils peuvent avoir des compétences différentes et des motivations à apprendre dans des contextes variables. À cet effet, la nécessité de personnalisé l'apprentissage a été bien reconnu. Les activités d'apprentissage et le contenu des cours serait adaptés aux besoins de l'apprenant, aux leur intérêts, préférences et aptitudes.

D'autre part, la technologie d'agents est considéré comme une solution prometteuse qui peut réduire les problèmes mentionnés ci-dessus; en outre, ils facilitent l'introduction des méthodes d'apprentissage adaptatives, automatiques et dynamiques. Ils adaptent leur comportement à l'état dynamique de l'environnement d'apprentissage mobile. Ainsi, nous proposons une approche à base d'agents pour un système d'apprentissage mobile efficace et flexible.

Ce mémoire est organisé en quatre chapitres. Nous avons choisi d'introduire notre mémoire par un chapitre qui présente les concepts liés à l'apprentissage mobile suivi par un deuxième chapitre qui est un survol sur les travaux donnés dans la littérature en présentant des approches et des plateformes représentatifs de l'apprentissage mobiles 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

## **Introduction Générale**

---

notre système est décrite dans le troisième chapitre, ce chapitre présente notre contribution qui est une approche à base d'agents pour l'apprentissage mobile. Le dernier chapitre présente l'implémentation ainsi que les résultats et les tests de la validation. Nous terminons notre mémoire par une conclusion générale, d'autre part nous n'oublions pas de signaler les perspectives possibles à ce travail.

# Chapitre I

# Apprentissage Mobile

# Chapitre I

## Apprentissage mobile

### I.1. Introduction

Ces dernières années ont vu une évolution impressionnante de la technologie mobile (Tablet PC, PDA, téléphone mobile, smartphone, etc.) et sans fil tels que GPS, GSM, GPRS, 3G qui offrent une portabilité accrue de l'information et des communications sans fil (WiFi, bluetooth, UMTS, etc.)[1][2]. Face à cette évolution, les nouvelles tendances dans l'apprentissage et l'éducation consistent à proposer une solution qui utilise des dispositifs mobiles pour apprendre, n'importe où et n'importe quand. Dans son recherche Kinshuk (2003) [3], conclut que le véritable potentiel du e-learning comme «n'importe quand et n'importe où» a enfin commencé à être réalisé avec l'avènement de l'apprentissage mobile.

Le domaine de l'apprentissage mobile a évolué rapidement dans les dix dernières années où la technologie mobile a commencé son fort impact sur la société. L'apprentissage mobile change la nature de l'apprentissage. Les élèves utilisent des dispositifs dans ou hors de la salle de cours pour apprendre dans toutes les situations possibles ; dans un aéroport, dans le lit, ou à d'autres endroits de leur choix, à laquelle une connexion sans fil à partir de leur appareil téléphonique peut être obtenue. L'apprentissage est devenu « juste à temps ».

Dans ce chapitre, nous allons présenter l'apprentissage mobile dans sa généralité, en commençant par les différents aspects contribuant à son émergence. Nous présenterons ensuite l'historique de développement, les définitions importantes et les différentes avantages et inconvénients de l'utilisation des dispositifs mobile dans l'apprentissage. Enfin, nous allons discuter quelques aspects de base, pour caractériser le domaine de l'apprentissage mobile.

### I.2. Du E-learning au M-learning

Le e-learning est un processus d'apprentissage à distance s'appuyant sur des ressources multimédias, qui permet à une ou plusieurs personnes de se former à partir de leur ordinateur. Les supports multimédias utilisés peuvent combiner du texte, des graphismes en deux ou trois dimensions, du son, de l'image, de l'animation et même de la vidéo. [4]

De nombreux auteurs (Nyíri, 2002 [5], 2005 [6]; Sharma et Kitchen, 2004 [7]; Hosseini et Tuimala, 2005 [9]; Laouris et Eteokleous, 2005[10]) voient l'apprentissage mobile simplement comme l'évolution naturelle de l'e-learning, qui complète un élément manquant de la solution (ajout de la fonctionnalité sans fil), ou comme une nouvelle étape de l'apprentissage à distance et l'e-learning (e.g., Georgiev, et al., 2004 [8]), celui qui l'a décrit comme occupant un sous-espace dans l'espace e-learning qui à son tour occupe un sous-espace dans l'espace d-learning.

Historiquement, l'apprentissage à distance (d-learning) a plus de cent années d'expérience et de traditions. Son caractéristique principale est la séparation, dans le temps et dans l'espace, de l'apprenant et de l'enseignant. Le e-Learning offre de nouvelles méthodes d'enseignement à distance basé sur les technologies informatiques et d'internet. De l'autre côté de la m-learning fait partie du e-Learning et, par conséquent, une partie de d-Learning. [8]

La Figure 1 illustre le positionnement de l'apprentissage mobile en comparant avec l'e-learning et l'apprentissage à distance (d-learning).



**Figure I-1.** Le positionnement de l'apprentissage mobile comme une partie de l'E-learning et de d-learning. [8]

L'évolution du E-learning à l'apprentissage mobile est beaucoup discutée par différents auteurs (Georgiev et al., 2004 [8], Sharma et Kitchen, 2004 [7] et Laouris, 2005

## Chapitre I : Apprentissage Mobile

---

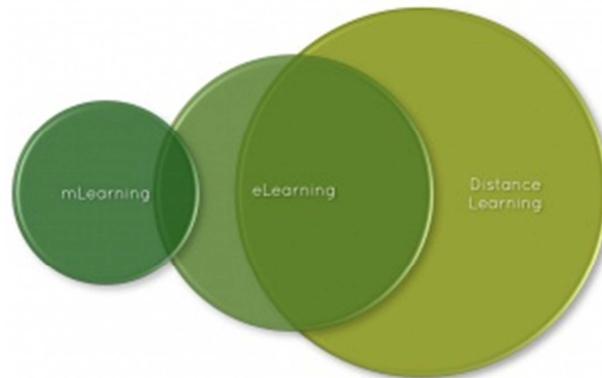
[11]). Ils notent que le passage de l'e-learning au mLearning est accompagné par un changement de terminologie : «multimédia» donne maintenant le moyen de «l'objet d'apprentissage», «interactive» à «spontanée », tel que représenté dans le tableau 1.

<b>e-learning</b>	<b>m-learning</b>
Computer	Mobile
Bandwidth	GPRS, G3, Bluetooth
Multimedia	Objects
Interactive	Spontaneous
Hyperlinked	Connected
Collaborative	Networked
Media-rich	Lightweight
Distance learning	Situated learning
More formal	Informal
Simulated situation	Realistic situation
Hyperlearning,	Constructivism, situationism,

**Tableau I-1.** Comparaison de terminologie de l'E-learning et l'apprentissage mobile  
(d'après Sharma et Kitchen, 2004 [8])

La communauté MLearn, cependant, a une vue légèrement différente de ces relations. Plutôt que de les considérer comme des sous-ensembles, la communauté voit correctement leur forme de trois ensembles qui se chevauchent. Dans ce point de vue aucun

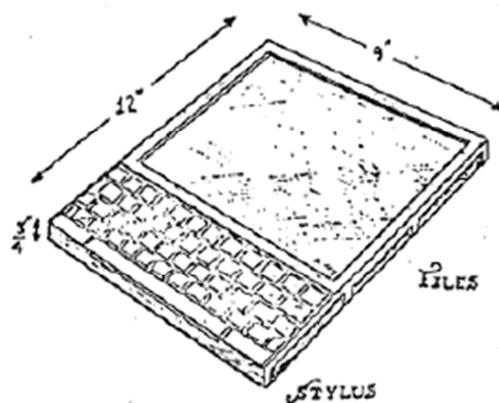
de ces ensemble sont un sous-ensemble les uns des autres, mais chaque ensemble peu se croisent les uns avec les autres ensemble. La figure 2 illustre ce point de vue. [12]



**Figure I-2.** Le point de vue de la communauté MLearn [12]

### I.3. Histoire de mobile learning

L'apprentissage mobile se développe toujours sous la stimulation de technologies mobiles. Depuis les années 70s, la technologie informatique a toujours une tendance de développer des dispositifs légers, mobiles et personnels [13]. L'histoire de m-learning a commencé au cours des années 1970s, 1980s quand Alan Kay et ses collègues du Groupe de recherche sur l'apprentissage chez Xerox Palo Alto Research Center (PARC) proposent le Dynabook comme un ordinateur de taille d'un livre pour effectuer des simulations dynamiques pour l'apprentissage. Leurs Dynabooks intermédiaires sont les premières stations de travail en réseau. [14]



**Figure I-3.** Illustration de Dynabook par Alan C. Kay en 1972 [13]

En 1981, IBM lance l'ordinateur personnel IBM PC, qui remporte un énorme succès. [15] Deux ans plus tard, En janvier 1983 Apple est commercialisé le modèle Lisa, un PC (*personal computer*) destiné aux entreprises. [16]

## Chapitre I : Apprentissage Mobile

---

Le téléphone mobile est le résultat de différentes technologies existant déjà, pour la plupart, dans les années 1940. Son invention est attribuée au docteur Martin Cooper, qui était alors en 1973 directeur de la recherche et du développement chez Motorola. Son appareil n'est qu'un prototype, et a pour nom le Dynatac. Le premier téléphone mobile est lancé en 1983 par Motorola, avec le Motorola DynaTAC 8000X. Cependant ce téléphone est réservé aux personnes assez aisées: il faut déboursier pas moins de 3 995\$ pour s'en procurer. De plus, il est très imposant: 25 centimètres antenne non comprise pour 783g et son autonomie est très réduite. [17]

Ce n'est qu'au début des années 1990 que les téléphones cellulaires sont devenus assez petits et assez bon marché pour intéresser le consommateur moyen.



**Figure I-4.** L'évolution de téléphone portable

L'utilisation du téléphone mobile a connu une augmentation brutale dans les années 1990, et est devenu un phénomène de société. [17] Dans ces années, les universités en Europe et en Asie commencent à développer et à évaluer l'apprentissage mobile des élèves. La société Palm offre des subventions aux universités et entreprises qui créent et testent l'utilisation de l'apprentissage mobile sur la plateforme PalmOS. [13]

En 1993 Bellsouth et IBM produisent l'IBM Simon. Le 1er smartphone de l'histoire. Un peu téléphone, un peu PDA, un peu pager et un peu fax. C'est ainsi qu'en 2007 naît l'iPhone de Apple. C'est le premier téléphone à interface multi-touches. C'est également un mobile aux multiples utilisations, baladeur, navigateur internet, console... [17]

2010, c'est l'année de l'explosion des Smartphones avec une multitude de produits dans toutes les gammes des fabricants de matériels électroniques.

En 2001 la Commission européenne finance les deux projets M-Learning [18] et MOBIlearn [19] le premier groupe international pour discuter le développement de mobile learning.

Le domaine de l'apprentissage mobile a évolué rapidement dans les années 2000, en fait, beaucoup de conférences et séminaires sont créés pour traiter de l'apprentissage mobile, comme : *mLearn*, *IADIS Mobile Learning* [20], *ICML*, *WMUTE*, etc. Des conférences traditionnelles sur l'éducation et d'autre part sur les technologies mobiles ajoutent aussi l'apprentissage mobile dans leurs thèmes de discussion. [13] En plus, plusieurs projets sont développés pour supporter et intégrer dispositifs mobiles dans l'enseignement et l'apprentissage (e.g. MoLeNET (2007, 2009) [21]).

### I.4. L'apprentissage mobile

Depuis l'émergence de M-learning, un certain nombre de définitions ont été données dans la littérature de M-Learning, il est très difficile de lui donner une seule définition. Donc, nous parcourons ci-après rapidement quelques définitions dans la littérature pour voir si on peut trouver un consensus.

#### I.4.1. Définitions de M-learning

Dans la littérature il y a des différentes définitions pour le m-learning. La plupart mettent l'accent sur les dispositifs mobiles, comme les deux Quinn (2000) [22] et Pinkwart, et al. (2003) [23] a défini le m-learning comme « e-learning qui utilise des appareils mobiles ». Une définition similaire est présentée par Trifonova et Ronchetti (2003) [24], ils pensent qu'il y a un agreement commun accord que le m-learning est l'e-learning par des dispositifs mobiles.

Naismith L. et al (2004) [25] définit 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) a ajouté [7]"... *Apprentissage supporté par les appareils mobiles, les communications omniprésentes et des interfaces utilisateur intelligentes*". Cette définition est plus détaillée que les autres.

Georgiev et al. [8] pense que la définition de 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 Tablets 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) [26] qu'il a le défini comme une forme évoluée d'E-Learning qui prend l'avantage du potentiel d'apprentissage offerte par l'Internet et les technologies mobiles.

La seule définition que vue l'apprentissage mobile d'un point de vue plus générale est celle proposée par Nyiri (2002) [8] Il le définit comme « *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».

La définition la plus générale et significative et qui visé sur la mobilité au sens plus large est celle proposé par O'Malley, et al., (2003) [27]: « *Tout 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.* »

### **I.4.2. Essor de la technologie mobile**

Dernières années ont vu une croissance exponentielle de la technologie mobile, ce qu'il augmente progressivement l'utilisation des appareils sans fil, mobile, portable, ordinateur de poche dans tous les secteurs de l'éducation, et à travers les mondes développés et en développement.

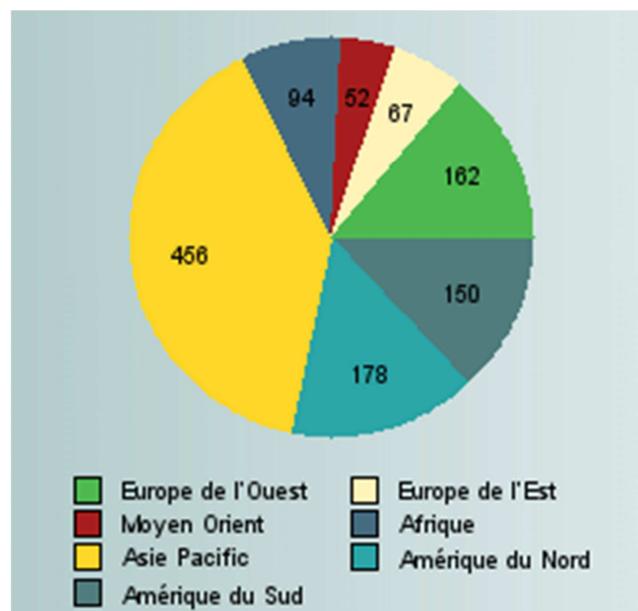
Les statistiques sont stupéfiantes :

- En Février 2008, Ericsson a annoncé qu'il y a 3,3 milliards d'abonnements mobiles dans le monde - et chaque mois environ 50 millions de personnes supplémentaires dans le monde de commencer à utiliser leur première téléphone mobile. Tout cela est pour une population mondiale de 6,5 milliards [28].
- En 2009, le nombre de téléphone mobiles dans le monde est 1.2 billion. [29]

## Chapitre I : Apprentissage Mobile

- En 2009, le pourcentage de personnes de 16-24 ans qui ont de téléphone mobile est plus de 90%. [30]
- 1,16 milliard de téléphones mobiles ont été vendus dans le monde en 2009, voir la figure 4. [31]
- Plus de 70% de la population mondiale possèdent maintenant un téléphone mobile les enfants sont plus susceptibles de posséder un téléphone mobile que le livre  
85% des enfants possèdent un téléphone alors que seulement 73% des livres propres à la maison. [29]
- En Janvier à Mars 2010, 314,7 millions téléphones ont été vendus, 54,3 millions ont été Smartphones. [32]
- 19% de tous les téléphones vendus maintenant sont des Smartphones. [32]

Donc la vogue des technologies mobiles est déjà un facteur de motivation pour les exploiter dans l'apprentissage.



**Figure I-5.** Nombre de mobiles vendus dans le monde en 2009 (en millions d'unités)  
[31]

Ainsi, Jones et al. [33] ont également proposé six raisons pour l'utilisation des dispositifs mobiles pour un apprentissage mobile et informel :

- Les apprenants trouvent souvent leurs activités d'apprentissage informel plus motivant que de l'apprentissage formel tel que dans les écoles où ils ont moins de liberté pour définir les tâches et les activités associées à leurs objectifs. L'apprentissage devient donc plus personnel.
- Les dispositifs mobiles semblent donner à leurs utilisateurs un très fort sentiment de contrôle et de propriété qui a été mis en évidence dans la motivation pour leur utilisation.
- Les dispositifs mobiles facilitent la communication entre les apprenants afin de permettre des activités collaboratives et une construction socialisée des connaissances.
- Les loisirs : les dispositifs mobiles sont utilisés par les jeunes pour leurs loisirs et rend plus « naturel » leur utilisation pour l'apprentissage.
- L'apprentissage en contexte : les dispositifs mobiles permettent aux apprenants de trouver des ressources et des informations dans le contexte où elles sont nécessaires et utiles, y compris pour les partager avec d'autres.
- La portabilité : les dispositifs mobiles peuvent assurer une continuité entre différents environnements afin que les informations ou ressources qui ont été capturées dans un contexte donné soient accessibles dans un autre.

### I.4.3. Les dispositifs mobiles

Un **dispositif mobile** est un appareil informatique portable, qui a souvent un écran et une interface d'entrée/sortie, avec des dispositifs d'interaction nécessaires ou accessoires.

La réalisation de l'apprentissage mobile est impossible sans l'utilisation des dispositifs mobiles. Ils varient de manière significative dans leurs capacités, tailles et prix. Les principaux types de dispositifs mobiles utilisés dans le processus de l'éducation sont les suivants: [8]

- **les téléphones mobiles** (ou bien les téléphones portables ou cellulaires). Ils se caractérisent par la faible capacité de mémoire et le taux de transfert de données. Les téléphones cellulaires de la classe supérieure peuvent être utilisés pour accéder à Internet via les technologies WAP ou GPRS. Ils peuvent également

être utilisés pour envoyer et recevoir des messages multimédia (MMS). Leur prix baisse continue.

- **PDA** (les assistants numériques personnels), Ils ont de petites tailles et d'une puissance importante du processeur. Les nouveaux modèles reconnaissent l'écriture manuscrite et peut jouer différents types de fichiers multimédia. Les principaux systèmes d'exploitation utilisés sont Palm et Microsoft Pocket PC.
- **Tablet PC**, Il s'agit de l'un des derniers appareils mobiles. Ils ont également la gamme complète de capacités que les ordinateurs personnels. Certains d'entre eux n'ont pas de clavier mais un logiciel de reconnaître l'écriture manuscrite. Il est relativement coûteux.
- **les Smartphones**, Ce sont des appareils hybrides qui combinent les capacités des téléphones cellulaires et les PDAs. Ils peuvent reconnaître l'écriture manuscrite. Ils utilisent Symbian, Windows Mobile ou autre système d'exploitation. Comme ils l'ont des navigateurs Internet, ils ont la potentialité à être utilisés avec succès dans l'éducation multimédia mobile [8]. Il est prévu que dans les années suivantes téléphones intelligents sera la meilleure plate-forme mobile pour le développement de l'éducation et de formation mobile. [34]
- **les ordinateurs portables (Laptops et NoteBooks)** D'une part, ils ont des capacités comme l'ordinateur personnel de bureau; de l'autre côté, ils ont de petites tailles et supporte des communications sans fil. Leurs prix sont encore élevés.

Parameters	NoteBook	Tablet PC	PDA	Cellular phone	Smart Phone
Price	2000 €	1500 €	750 €	300 €	700 €
Weight	3 kg	1,5 kg	0,150 kg	0,100 kg	0,200 kg
Screen resolution	Over 1024x768 pixels	Over 1024x768 pixels	240x320 pixels	120x160 pixels	200x300 pixels
Memory	256 MB	256 MB	64 MB	300 memories	8 MB
Power capacity	3 h	4 h	8 h	10 h	10 h
Communication technology	IrDA, Wi-Fi, Bluetooth	IrDA, Wi-Fi, Bluetooth	IrDA, Wi-Fi, Bluetooth	WAP, GPRS, Bluetooth	GPRS, IrDA, Bluetooth

**Tableau I-2.** Comparaison entre les paramètres typiques des appareils mobiles utilisés pour le m-learning [8]

Aujourd'hui, il existe plusieurs technologies de communication qui sont utilisés dans les appareils mobiles tels que (GSM, GPRS, WAP, Bluetooth, etc).

- **Global System for Mobile Communications (GSM)** est l'un des principaux systèmes cellulaires numériques. Il utilise la bande étroite TDMA (Time Division Multiple Access). Il est devenu le système mobile le plus utilisé au monde dans plus de 100 pays. Il fournit la messagerie vocale intégrée, les données à haute vitesse, fax, les capacités de services à message courte, ainsi que des communications sécurisées. Il offre la meilleure qualité de voix de toute norme actuelle numérique sans fil.
- **Protocole d'application sans fil (WAP)** Ce service est gratuit, un protocole sans licence pour les communications sans fil. Il rend possible la création de services de communications avancés et l'accès aux pages Internet à partir d'un téléphone cellulaire. WAP est un standard de facto supporté par un grand nombre de fournisseurs. Les dispositifs WAP comprennent le langage WML (une application de XML) qui est optimisé pour les petits écrans et la navigation sans clavier.
- **General Packet Radio Service (GPRS)**. Une technologie de paquets qui permet liés à Internet haut débit sans fil et d'autres communications de données. GPRS fournit environ quatre fois plus rapidement que les systèmes GSM traditionnels. Actuellement 288 opérateurs à travers le monde ont des services commerciaux GPRS.
- **Technologie sans fil Bluetooth** est une technologie radio à courte portée. Bluetooth permet de transmettre des signaux sur de courtes distances entre les téléphones, ordinateurs et autres périphériques et ainsi simplifier la communication et la synchronisation entre les périphériques.
- **IEEE 802.11** est un type de technologie radio utilisée pour les réseaux locaux sans fil (WLAN). Il s'agit d'une norme qui a été développée par l'IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers). Wi-Fi (802.11) est composé de plusieurs normes d'exploitation des fréquences radio différentes: 802.11b est une norme pour les réseaux locaux sans fil fonctionnant dans le spectre de 2,4 GHz avec une bande passante de 11 Mbps; 802.11a est une norme différente pour les réseaux locaux sans fil, et concerne

les systèmes fonctionnant dans la gamme de fréquences de 5 GHz avec une bande passante de 54 Mbps. Une autre norme, 802.11g, est pour les WLAN opérant dans la fréquence de 2,4 GHz, mais avec une bande passante de 54 Mbps.

- **Infrared Data Association (IrDA).** Cette association a défini une série de protocoles pour l'infrarouge (IR) échange de données entre deux périphériques, jusqu'à 1 ou 2 mètres de distance (20 à 30 cm pour les appareils de faible puissance). Les périphériques IrDA ont généralement un débit allant jusqu'à 115,2 Kbps ou 4Mbps. Les Smartphones, plusieurs PDAs, les imprimantes et les ordinateurs portables utilisent les protocoles IrDA. [8]

### I.4.4. Avantages du m-learning

A la vue de grand groupe d'utilisateurs de dispositifs mobiles, Sharples, 2003[35] considère que les éducateurs doivent chercher des moyens pour exploiter le potentiel des technologies mobiles pour leurs permettre de bénéficier de leurs avantages dans l'apprentissage.

Voici certains des principaux avantages:

- Les apprenants peuvent interagir les uns avec les autres et avec le praticien au lieu de se cacher derrière de grands écrans.
- Il est beaucoup plus facile de s'adapter plusieurs appareils mobiles dans une classe que plusieurs ordinateurs de bureau.
- les PDAs, Tablet PCs sont plus légers et moins encombrants que des sacs pleins de fichiers, des papiers et les manuels scolaires, ou même des ordinateurs portables.
- Écriture avec le stylet est plus intuitive que d'utiliser le clavier et la souris.
- Les périphériques mobiles peuvent être utilisés n'importe où, n'importe quand ; à la maison, dans le train, dans les hôtels.
- Ces dispositifs engager les apprenants ; les jeunes qui ont perdu tout intérêt dans l'éducation, comme les téléphones mobiles, gadgets et appareils de jeux.
- La taille de ces dispositifs est plus petite et plus légère que les PCs.
- La plupart des appareils mobiles ont des prix plus bas que les PCs; [8]

- En utilisant la technologie GPS la m-Learning peut fournir un enseignement dépendant de la localisation. [8]

D'après « Educause », les bénéfices du M-Learning seraient nombreux : [36]

- Etendre l'enseignement et l'apprentissage dans des espaces au-delà de la salle de classe,
- Donner aux enseignants et apprenants une flexibilité accrue et de nouvelles possibilités d'interactions,
- Supporter des expériences d'apprentissage collaboratives, accessibles, intégrées au monde au-delà de la salle de classe,
- Faciliter l'apprentissage sur le lieu de travail : les personnes peuvent continuer leur tâche tout en se formant (donc augmenter l'efficacité sur le lieu de travail et donc la productivité),
- Faciliter l'accès à la formation dans les zones rurales ou éloignées
- Faible coût, Portabilité.

### **I.4.5. Les inconvénients du m-learning**

Malgré les avantages fournis par l'utilisation des dispositifs mobiles dans l'apprentissage, ils ont des limites potentiels qui peuvent être :

- La lisibilité des écrans des dispositifs mobiles (petits écrans des mobiles et PDA) qui permet de limiter la quantité et le type d'informations qui peuvent être affichés. [36]
- La taille mémoire limitée (les derniers téléphones ont la possibilité d'étendre la taille de la mémoire par l'ajout de cartes mémoire) [37]
- L'autonomie des appareils (capacité des batteries) ; les batteries doivent être rechargées régulièrement, et les données peuvent être perdues si cela n'est pas fait correctement.
- Ils peuvent être beaucoup moins robustes que les ordinateurs de bureau (bien que les tablettes PC commencent à s'attaquer à ce problème).
- Il est difficile d'utiliser les graphiques animés, notamment avec les téléphones mobiles, bien que 3G et 4G le permettra.

- Le débit de données, mais aussi ce qui est beaucoup améliorée en 3G système. [37]
- la rapidité d'obsolescence du matériel ; C'est un marché qui évolue rapidement, en particulier pour les téléphones portables, les périphériques peuvent devenir obsolètes très rapidement. [36]
- Bande passante peuvent se dégrader avec un plus grand nombre d'utilisateurs lors de l'utilisation des réseaux sans fil.

### I.5. Caractéristiques de l'apprentissage mobile

Selon ANANI et al. [38] « *puisque M-learning est une sorte particulière de E-learning, il a également les mêmes caractères que l'E-learning.* ». Donc, dans une situation de type M-Learning, on retrouve les même caractéristiques que dans une situation de type E-Learning ou d'enseignement à distance : [36]

- **Acteurs** : les acteurs de la situation de formation, enseignant, apprenants, tuteurs,...
- **Contenu pédagogique** : le contenu pédagogique, son éventuelle matérialisation, comme dans le cas de travaux pratiques. Son éventuelle accessibilité via le réseau.
- **Pédagogie** : les orientations pédagogiques explicites ou sous-jacentes du dispositif (constructivisme, apprentissage collaboratif, contextuel, situé,...)
- **Multiculturel** : les différents pays ou cultures dont sont issus les acteurs, les langages utilisés pour communiquer.
- **Temps** : Les moments où se déroule l'apprentissage.
- **Communication Synchrones / Asynchrones** : les activités synchrones (plusieurs acteurs connectés interagissant au même moment) et asynchrones.
- **Type d'application** : cours, QCM, TP, TD, Projet, Révision, Amphi interactif, Télé-TP, « Just-in-Time Learning »,....
- **Equipements**: les équipements informatiques utilisés.

En plus de ces caractéristiques "classiques" (Meyer et al., 2006) [36] définissent des caractéristiques supplémentaires d'une situation de M-Learning qui sont les suivantes :

- **Mobilité** :

Nous distinguons quatre types de mobilité selon à qui ou à quoi elle s'applique :

- **Un acteur** (l'enseignant, l'apprenant,...) Dans le cas où un des acteurs est mobile on parlera de "*nomadisme*"; Une personne *nomade* est une personne qui se déplace physiquement d'un endroit à un autre. L'acte de formation va se produire soit au cours du déplacement, soit aux points de départ et/ou d'arrivée du déplacement ;
  - **Un lieu** (de l'enseignant, lieu de l'apprenant,...) Le lieu dans lequel se trouve un des acteurs de la formation est mobile, par exemple l'acteur est dans un bus ;
  - **Le dispositif** : le dispositif dont est équipé un acteur est mobile ou porté ;
  - **Le contenu pédagogique**
- **Dispositifs** : Nous distinguons quatre types de dispositifs:
    - **fixe** : non déplaçable, toujours connecté, pas de problème d'autonomie. (e.g. ordinateur de bureau) ;
    - **portable** : transportable, dispose d'une autonomie, connecté de façon non permanente par liaison filaire ou radio (WIFI). (e.g. ordinateur portable) ;
    - **mobile** : léger, la connexion peut être quasi-permanente. (PDA, téléphone mobile, Tablet-PC) ;
  - **Lieux** : selon le type de lieu, la mobilité peut être soit un paramètre parmi d'autres de la situation pédagogique, soit une condition essentielle à l'apprentissage. On peut donc distinguer trois types d'usage de la localisation :
    - Localisation indépendante d'un lieu particulier,
    - Lieu important pour le contexte d'usage (lieu géographique ou logique)
    - Lieu important pour l'application : applications sensibles au contexte ("context aware")
  - **Contexte:**

(Wang, 2004) [39] a défini le contexte comme « *toute information qui peut être utilisée pour caractériser la situation d'apprendre des entités qui est considérée appropriée aux interactions entre un étudiant et une application* ». L'application mobile peut alors devenir

"context aware" c'est à dire consciente du contexte dans lequel elle est. (Dey, Abowd et Salber 2001) [34] définissent quatre types de contextes pouvant être pris en compte par une application mobile :

- Identité
- Localisation
- Statut
- Temps

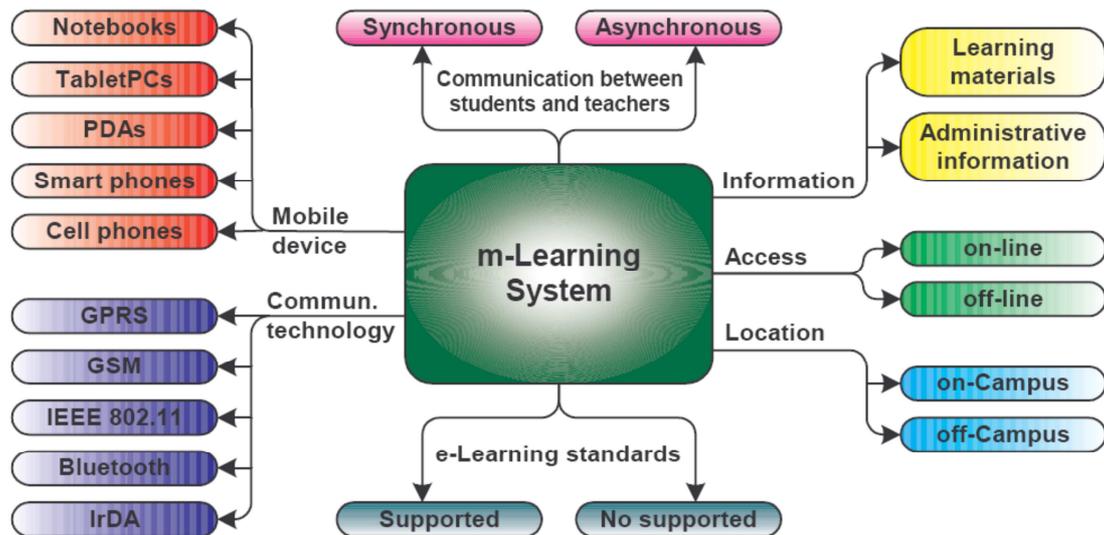
Le contexte d'apprentissage est un aspect crucial dans l'apprentissage mobile pour qu'il mette à disposition de l'utilisateur des ressources d'apprentissage appropriées selon le contexte.

### **I.6. Classification de l'apprentissage mobile**

Dans la littérature il y a différentes classifications de systèmes de l'apprentissage mobile. Certains comprennent l'aspect technologique : support de dispositifs mobiles, utilisation de communications sans fil, d'autres s'intéressent à la sensibilisation au contexte, et autres classifient l'apprentissage mobile selon la possibilité d'accès à l'information requise et le type de l'information, asynchrone/synchrone, etc. dans cette section on présente les différentes classifications définies dans la littérature.

#### **I.6.1. Classification selon les technologies de l'information et de communication**

Georgieva, et al. (2005) [41] proposent une classification basée sur les indicateurs suivants : le type de dispositif mobile ; le type de communication sans fil. Ils concluent également quelques d'autres indicateurs éducatifs, comme : le support de l'apprentissage synchrone/asynchrone, le support des standards de l'e-learning, la connexion réseau, la localisation d'utilisateur, l'accès au matériel d'apprentissage / service administratif. La classification est décrite dans la Figure 4.



**Figure I-6.** Une classification de l'apprentissage mobile [41].

On peut voir que le même système peut appartenir à différents groupes. Cela dépend de l'indicateur de classification et les caractéristiques du système. La façon appropriée de présenter une classification en trois indicateurs est d'utiliser un diagramme 3D. Une visualisation en 3D de cette classification en fonction de trois indicateurs de l'utilisabilité est présentée. La classification proposée et la visualisation 3D donnent la possibilité de prendre facilement en compte les différences dans les réalisations des systèmes ainsi que leurs caractéristiques communes.

### I.6.2. Classification selon les théories d'apprentissage

Une classification très prometteuse a été suggérée par Naismith, et al. (2004) [25], ils proposent de classer l'apprentissage mobile sur un plan théorique de l'apprentissage. Les activités d'apprentissage qui sont relatives aux technologies mobiles peuvent être catégorisées selon leurs théories d'apprentissage. Ces catégories sont principalement basées sur des paradigmes pédagogiques. Ils les structurent en six catégories des théories d'apprentissage mobile :

- **Apprentissage comportemental** : activités qui favorisent l'apprentissage comme un changement dans les actions observables des apprenants. Dans ce paradigme, l'apprentissage peut être renforcé par une stimulation et une réponse.
- **Apprentissage constructiviste** : les apprenants construisent des nouvelles idées ou des conceptions en s'appuyant sur leurs connaissances précédentes et actuelles.

- **Apprentissage situé** : l'apprentissage peut être renforcé dans un contexte ou environnement réel. Les dispositifs mobiles sont particulièrement bien adaptés aux applications sensibles au contexte, tout simplement parce qu'ils sont disponibles dans différents contextes, et ne peut donc s'appuyer sur ces contextes afin d'améliorer l'activité d'apprentissage.
- **Apprentissage collaboratif** : l'apprentissage peut être renforcé par l'interaction sociale.
- **Apprentissage informel et tout au long de la vie** : l'apprentissage se produit hors d'un environnement dédié ou hors d'un cours formel.
- **Support de l'apprentissage et de l'enseignement** : les activités qui aident à la coordination des apprenants et des ressources pour les activités d'apprentissage, les technologies mobiles ne sont pas forcément exploitées pour l'apprentissage, elles peuvent aussi assister à supporter les activités d'apprentissage.

De point de vue de Frohberg [38], il y a deux faiblesses dans cette classification :

- La pédagogie dans un projet d'apprentissage mobile n'est pas aussi stable que l'on pourrait supposer. Même de petits changements dans la conception du projet risquent de se déplacer dans une autre catégorie sans avoir changé quelque chose significatif.
- Ces catégories ne sont pas suffisamment distinctes ; Un projet d'apprentissage mobile peut être par exemple de collaboration, située, et informelles dans le même temps, ce qui rend impossible de placer un projet clairement dans une catégorie spécifique.

### I.6.3. Classification selon la technologie mobile

Il y a beaucoup différents types de technologie qui peuvent être classés comme «mobile». Le mot « mobile » peut avoir beaucoup de sens, mais parmi eux, le plus populaire est plutôt « portable ». Il semble que parfois « personnel », par opposition à «partagée», est aussi une caractéristique impliquée par les dispositifs mobiles, les termes «mobiles» et «personnel» sont souvent utilisés de façon interchangeable - mais un dispositif pourrait être l'un sans être nécessairement l'autre.

Naismith, et al. (2004) [25] ont proposé une classification des technologies mobiles en utilisant les deux dimensions orthogonales de **personnel vs partagé** et **portable vs statique**, tel que décrit dans la figure suivante.

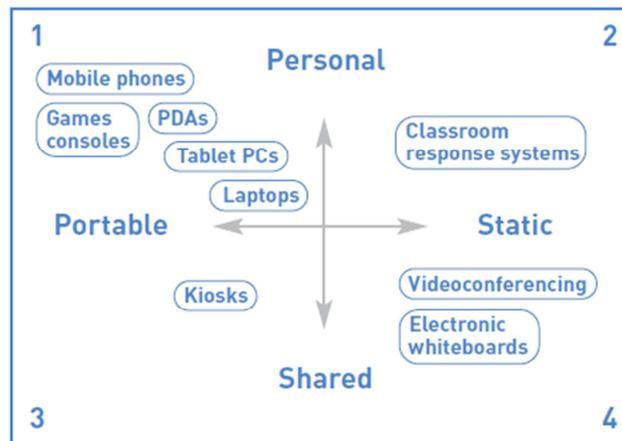


Figure I-7. Classification des technologies mobiles [25]

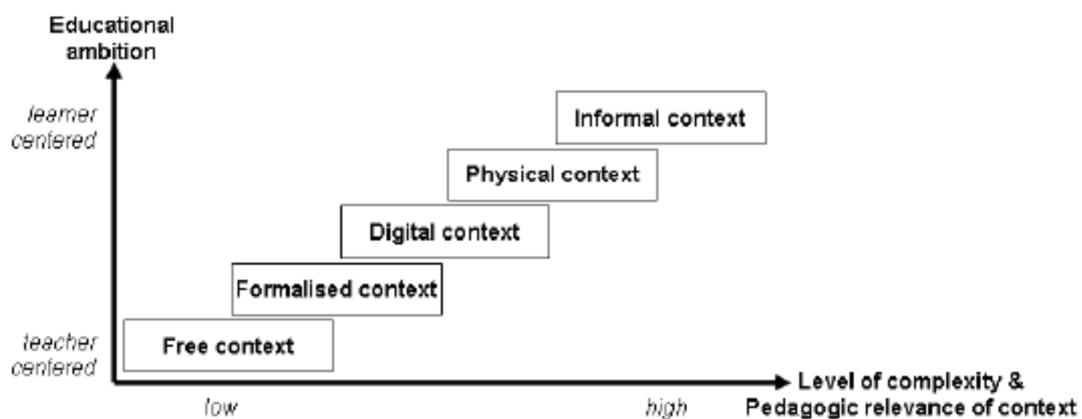
### I.6.4. Classification selon le contexte

Frohberg (2006) [38] a choisi de classer l'apprentissage mobile selon la caractéristique la plus persistante dans mlearning qui est le contexte, il est supérieur à la technologie, le type d'application ou du paradigme pédagogique. Il distingue les systèmes de l'apprentissage mobile en cinq catégories : **contexte libre**, **contexte formalisé**, **contexte numérique**, **contexte physique**, **contexte informel**.

- **Contexte libre** : l'apprentissage ne considère pas le contexte de l'apprenant comme relatif à l'activité de l'apprentissage. L'apprenant est libéré de restrictions ou les limites de leur contexte. Il peut apprendre n'importe quand et n'importe où.
- **Contexte formalisé** : l'apprentissage se produit dans un programme scolaire prédéfini, offert par un établissement scolaire et guidé par un tuteur. Le contexte pertinent est la salle de classe, salle de conférence, un auditorium ou salle de séminaire, mais pourrait aussi bien être une salle de classe virtuelle ou plusieurs salles de classe qui sont reliés par une vidéo-conférence.
- **Contexte numérique** : l'apprentissage se produit avec l'aide de l'ordinateur dans un environnement éducatif. Les avantages du contexte numérique sont : le contrôle complet de l'enseignant sur l'environnement d'apprentissage, l'indépendance de restrictions physiques, et la réduction et l'adaptabilité de la complexité. En outre, jusqu'à présent il ne permet surement pas de toutes activités physiques, sociales ou émotionnelles, car l'élève était lié à l'écran du PC et limité à l'interaction avec une machine.

- **Contexte physique** : l'apprentissage situé et coopératif se passe dans un environnement réel. Le rôle de la technologie mobile est d'enrichir l'environnement physique numériquement. En outre, elle permet l'interaction numérique et la manipulation de l'environnement physique de manière innovante.
- **Contexte informel** : l'apprentissage se passe dans différentes situations. Le contexte comprend non seulement le contexte physique, mais aussi les relations sociales, les attitudes, les émotions d'apprenants ou autres dimensions.

Ces catégories sont listées selon le niveau de complexité, la pertinence pédagogique de contexte et l'ambition éducationnelle, comme décrit dans la Figure 5.



**Figure I-8.** Classification de l'apprentissage selon le contexte [38]

D'autre classification plus simple comme celle proposé dans [13], il s'agit de distinguer l'apprentissage mobile selon la sensibilité au contexte ; on parle de **l'apprentissage mobile situé** ou **l'apprentissage mobile contextuel** (*situated mobile learning, contextuel or context-aware mobile learning*). Le premier type d'apprentissage mobile est très caractéristique, il ne prend pas en compte l'environnement ou le contexte de l'apprenant, par exemple un élève utilise son PDA pour apprendre les mots d'anglais, il n'y a pas de différence s'il est à la maison ou dans un train.

Le second cas, dans lequel l'apprentissage mobile prend en compte l'environnement sous forme de localisation géographique, qui est également très caractéristique. Par exemple, dans le musée, un visiteur utilise un dispositif pour regarder la présentation de l'œuvre d'art devant laquelle il se trouve. L'apprentissage a donc une relation forte avec le contexte (l'œuvre d'art) et l'environnement (le musée).

### **I.7. Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons présenté l'apprentissage mobile dans sa généralité. Comme le m-learning est tout à fait un nouveau domaine, il y a beaucoup de travaux et de recherches qui sont actuellement en cours, Plus précisément, les gens 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. Parmi ces travaux nous trouvons celui qui a tenté d'intégrer le concept d'agents dans l'apprentissage mobile. Dans le chapitre suivant on présentera un survol sur ces travaux.

## Chapitre II

# Etat de l'art des travaux pour le Mlearning

# Chapitre II

## Etat de l'art des travaux pour le MLearning

### II.1. Introduction

La technologie mobile a subi de nombreuses évolutions ces dernières années. Elles promettent de nouvelles possibilités intéressantes pour les apprenants et les enseignants sous la forme d'un apprentissage distribué, informel, omniprésent, etc. C'est pourquoi elle est devenue un sujet important pour les chercheurs en informatique et en éducation. Il existe de nombreux travaux qui ont mis en œuvre un environnement d'apprentissage mobile en tenant compte de différents problèmes liés à tel environnement: apprentissage quels que soient le lieu et l'heure, problèmes liés au contexte, contenu et l'adaptation, etc.

Dans ce chapitre, nous allons passer en revue des travaux donnés dans la littérature en présentant des approches et des plateformes représentatifs de l'apprentissage mobiles. Nous nous intéressons à la gestion de l'adaptation, qui est un paramètre très important permettant de gérer et personnaliser les ressources d'apprentissage aux apprenants. Nous allons également nous intéresser au contexte qui est un élément central de tous les systèmes d'apprentissage mobile, nous analysons ensuite différents travaux à base d'agents données dans la littérature pour démontrer l'utilité et la faisabilité de ce paradigme dans les environnements d'apprentissage mobile. Enfin nous allons conclure par une synthèse et une évaluation de ces travaux selon des critères significatifs.

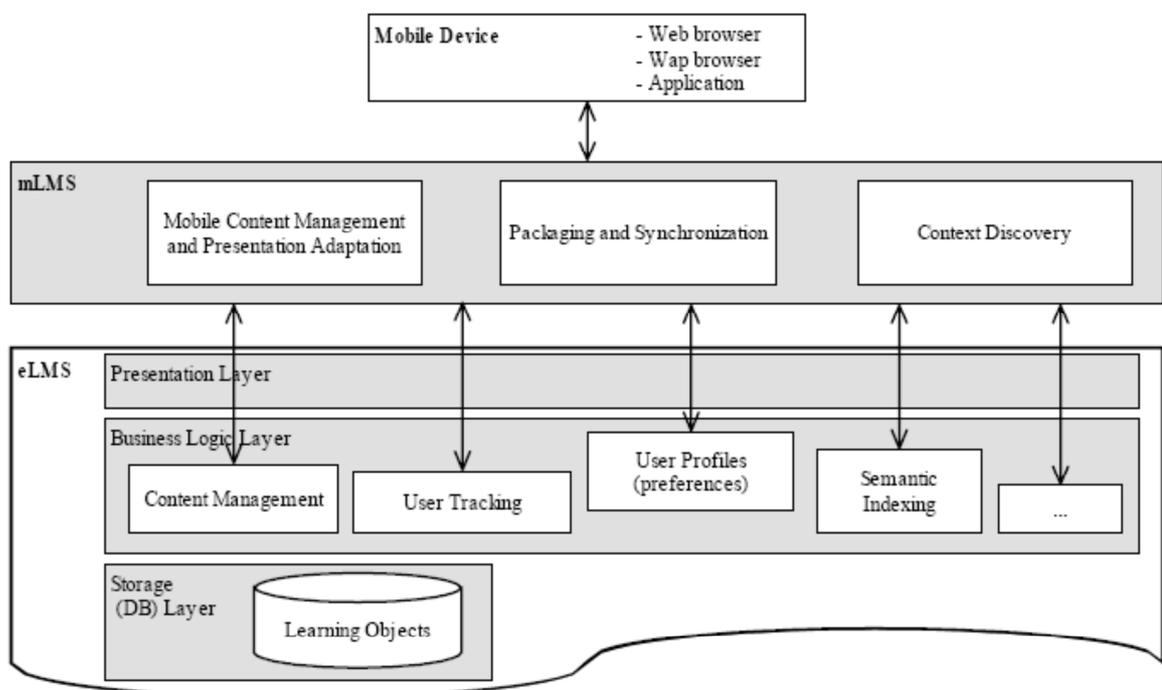
### II.2. Une architecture générale développée sur la plateforme de l'e-learning

Puisque l'apprentissage mobile est considéré comme une extension du e-learning, beaucoup de chercheurs ont proposés des architectures développés sur des plateformes e-learning en ajoutant des fonctionnalités pour que la plateforme s'adapte aux appareils mobiles, tels que les PDAs, les téléphones portables etc. parmi ces travaux on trouve Kurbel

## Chapitre II : État de l'art Des Travaux Pour Le Mlearning

et Hilker [42], A. Trifonova et al. [43][44] qui pensent qu'un système d'apprentissage mobile peut être exploité sur les plateformes de l'e-learning en ajoutant de nouvelles fonctionnalités des technologies mobiles. Ils proposent ainsi une architecture de l'apprentissage mobile qui permettra d'accéder aux matériels d'apprentissage et à d'autres services aux utilisateurs équipés des dispositifs mobiles. Leurs but est d'avoir une architecture qui est : [45]

- général. Cela veut dire que le système supporte tous les services de l'e-learning et tous les services de l'apprentissage mobile.
- générique. Cela veut dire qu'il est facilement extensible par l'ajout de différents dispositifs et notamment de dispositifs mobiles de la nouvelle génération comme les smartphones ou les PDA.



**Figure II-1.** Architecture général et générique de l'apprentissage mobile (d'après [45])

Cette architecture se base sur des plateformes de haut niveau pour l'e-learning, c'est-à-dire considérer l'apprentissage mobile comme une extension d'un LMS (Learning Management System) traditionnel et fournir les services adaptés aux utilisateurs mobiles. Comme présenté dans la Figure II-1, l'architecture est composée de deux couches, une couche eLMS (*e-Learning Management System*) et une couche mLMS (*m-Learning Management System*).

Dans la couche traditionnelle eLMS, les fonctionnalités peuvent être groupées en quatre catégories : les ressources d'apprentissage, les services d'apprentissage spécifiques, les services communs et la présentation.

Dans la couche mLMS, trois blocs sont ajoutés au dessus de la couche eLMS : la découverte de contexte, l'emballage et la synchronisation, la gestion de contenu mobile et l'adaptation de présentation.

C'est une architecture en deux couches qui permet l'extensibilité et la flexibilité pour supporter les activités d'apprentissage différentes. Chacun peut développer et compléter cette architecture pour une situation précise selon les besoins et les contraintes.

### II.3. Approche basée sur les services web

Suchil et al. (2004) [46] proposent une architecture de services web pour l'apprentissage mobile, elle fournit aux élèves et aux enseignants la possibilité d'obtenir du matériel d'apprentissage toute connexes sur leurs dispositifs de poche grâce à une architecture de services Web. Cette architecture se compose de quatre couches : la couche d'application, L'intégration au moyen de standards de services web, la livraison des dispositifs et la couche humaine. Cette architecture est présentée dans la figure 3.

- *La couche d'application* : cette couche se compose de divers services pour les étudiants et les instructeurs. Ces services sont créés par des instructeurs et des administrateurs pour une utilisation par les étudiants. Les autres couches-dessous de la couche d'application seront complètement transparentes pour les étudiants.
- *La couche d'intégration au moyen de standards de services web* : cette couche intègre tous les contenus et les applications qui peuvent déjà être disponibles dans différents formats. L'architecture des services Web utilisée pour ce type de but rendrait le procédé d'intégration entier semblable à prêt à l'emploi, et fournirait assez de flexibilité de permettre l'indépendant de contenu des dispositifs.
- *La couche de la livraison des dispositifs* : Cette couche est utilisée pour livrer le contenu à l'aide d'Internet et elle a permis plusieurs périphériques.
- *La couche humaine* : Cette couche consiste des étudiants, administrateurs, instructeurs.

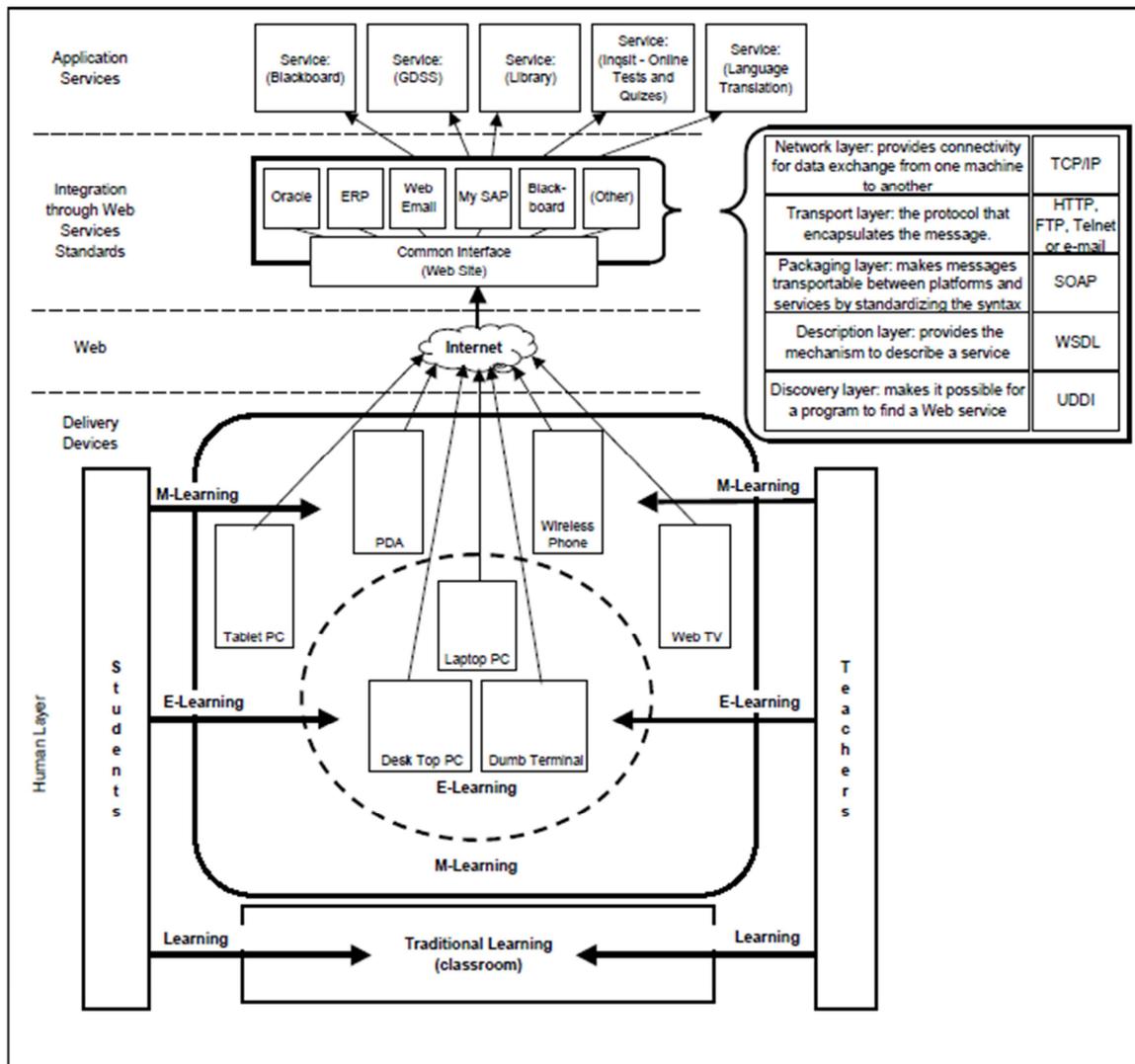


Figure II-2. Architecture flexible de services pour le M-Learning [46]

### II.4. Approche adaptative et context-aware pour l'apprentissage mobile

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 [47]. 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, à ses intérêts, préférences et aptitudes.

### II.4.1. L'adaptation de l'apprentissage

Les recherches dans le domaine de l'adaptation de l'apprentissage (learning adaptation) ont suivi quatre orientations :

- *L'adaptation de contenu et de cours* qui consiste à adapté le cours en fonction de préférences de l'apprenant (le style d'apprentissage, les priorités d'apprentissage, le niveau des connaissances), leur connaissances antérieurs, son objectif, et livrer des cours appropriés aux caractéristiques et capacités des dispositifs mobiles des apprenants. Elle a reçu beaucoup d'attention des chercheurs (e.g. Vassileva (1998) [48]; Healey et al (2002) [49]; Brusilovsky et Vassileva (2003) [50]; Tretiakov et Kinshuk (2004) [51]; Yau et Joy (2007) [45] [52]).
- *L'adaptation de présentation* a également reçu une certaine attention (e.g. Kürzel et al (2002) [53]; Wang et al (2004) [54]; Kelly et Tangney (2006) [55]). Le contenu a été présenté de façons différentes basées sur les compétences préalables des apprenants (prérequis de connaissances et de compétences) et les préférences des apprenants, et en raison des restrictions découlant de capacités limitées des appareils mobiles, le contenu du matériel d'apprentissage doit être présenté de telle sorte que les informations essentielles seront affichés, et l'apprenant a la possibilité de choisir s'il veut accéder à l'information complète ou seulement une partie.
- *L'adaptation de navigation et de séquencement*, elle a reçu beaucoup d'attention (par exemple, Herder et van Dijk (2002) [56]; Carchiola et al (2002) [57]; Faraco et al (2004) [58]; Albano et al (2006) [59]). Elle permet d'adapter la navigation et les liens d'annotation à l'utilisateur, afin de l'aider à trouver un chemin approprié dans son processus d'apprentissage. Elle fournit une navigation adaptative, séquencement des cours, un diagnostic individualisé des solutions aux étudiants, et un support de résolution de problèmes à base d'exemple. Différentes techniques ont été développées au fil des années, entre autres le guidage direct, l'ordonnancement des liens, le masquage des liens, l'annotation des liens ou encore les cartes adaptatives.

Autre orientations de recherches comme (*l'adaptation d'évaluation, adaptation de feedback, communication et collaboration adaptatifs*).

### II.4.2. La sensibilité au contexte (context-awareness)

Le domaine de context-awareness (sensibilité au contexte) a été proposé autour d'une dizaine d'années, mais son intérêt s'est accru avec le développement de l'informatique ubiquitaire (pervasive) et mobile, « 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) » [60].

Beaucoup d'encre a coulé au sujet du contexte, et plusieurs chercheurs ont tenté de proposer une définition au contexte selon leurs points de vue. La définition la plus citée est celle de Dey (2000) [61] qui définit le contexte comme *toute information qui peut être utilisée pour caractériser la situation d'une entité. L'entité est une personne, une place, un objet qui est considéré pertinent à l'interaction entre l'utilisateur et l'application, incluant l'utilisateur et l'application elle-même.*

Schilit et al. [62] ont été identifiés trois catégories de contexte et un quatrième a été ajouté par Chen & Kotz [60], comme suit:

- a) Contexte de l'informatique - ce qui inclut la connectivité réseau, les coûts de communication, la bande passante de communication et les ressources à proximité (par exemple les imprimantes et les postes de travail).
- b) Contexte de l'utilisateur - ce qui comprend le profil de l'utilisateur, l'emplacement, les gens proches et la situation sociale actuelle.
- c) Contexte physique - ce qui comprend les niveaux d'éclairage et de bruit, le trafic de circulation et la température.
- d) Contexte temporel - ce qui inclut le temps d'une journée, semaine, mois et saison de l'année.

L'adoption du context-awareness dans l'apprentissage mobile est devenue un sujet crucial dans ce domaine, en raison du changement permanent de contexte dans les environnements de l'apprentissage mobile, à cause de la mobilité des apprenants qui résulte un changement de localisation, une connexion Intermittente, une bande passante faible ou élevée, en plus de variabilité des dispositifs mobiles qui peuvent caractériser par un grand ou petit écran, des systèmes d'exploitation différents, etc.

Donc il est important que le système de l'apprentissage mobile réagisse de manière automatique et dynamique à ces changements et de mettre à disposition de l'utilisateur des ressources d'apprentissage appropriées selon le contexte. Il faut donc déterminer selon le contexte quelles ressources à envoyer, de quelle manière, à quel moment, sur quelle interface, etc. Tout le processus d'apprentissage doit s'adapter à ces changements de contexte.

Selon [63] il y a trois types différents des applications d'apprentissage mobile sensibles au contexte dans la littérature. Les premières sont construites spécifiquement pour un endroit d'utilisation (*context-aware location-dependent learning*). Les secondes sont développées pour l'usage à n'importe quel endroit et ces applications considèrent les contextes d'apprentissage à cet endroit pour fournir l'étudiant les matériaux d'apprentissage appropriés (*context-aware location-independent learning*).

Les troisièmes se concentrent sur faciliter l'étudiant d'apprendre un thème particulier dans l'environnement situé (*context-aware situated learning*) [64].

Cependant, la contextualisation dans l'apprentissage mobile n'est pas facile à atteindre. La diversité des technologies mobiles et la dynamique dans des environnements mobiles compliquent le processus de contextualisation.

Schmidt [65] a identifié trois défis associés à la sensibilité au contexte:

- a) Le contexte est difficile à identifier ; il n'est pas facile défini de méthodes pour obtenir des facteurs de contexte.
- b) Le contexte est difficile à acquérir ; le défi réside dans la façon d'obtenir les informations réelles sur l'utilisateur, une fois les caractéristiques de contexte pertinent ont été identifiées. Les méthodes directes (comme demander à l'utilisateur) peut être appliquée que dans des cas limités, des méthodes indirectes (telles que les observations de l'utilisateur) ont des inconvénients tels que, ils donnent des résultats imparfaits, et les observations nécessitent une large gamme d'applications d'être attachés. Sinon, les données doivent être obtenues à partir d'une large gamme de ressources de données.
- c) Le contexte est difficile de l'exploiter ; "Les résultats empiriques sur l'influence du contexte sur le processus d'apprentissage sont rares et souvent éparpillées entre différentes disciplines."

Pour réaliser un système sensible au contexte d'apprentissage, on doit parcourir les différentes étapes dans le cycle de vie de context-awareness. Dans [66] cinq phases sont définies dans le cycle de vie de contexte-awareness :

- a) Sentir, détecter, surveiller, suivre, mesurer, et enregistrer les paramètres de contexte.
- b) Estimer le contexte,
- c) Organiser et maintenir le contexte (e.g. classifier, filtrer et évaluer le contexte, donner un ordre de priorité de leur variables)
- d) Utiliser le contexte (e.g. appliquer ce contexte, adapter l'activité d'apprentissage et l'infrastructure, guider l'apprenant).
- e) Prédire le futur contexte.

### II.4.2.1. Architectures context-aware

Parmi les systèmes d'apprentissage contextuels ou sensibles au contexte d'apprentissage nous avons choisi un exemple représentatif de ce type de systèmes. Une caractéristique commune des systèmes sensibles au contexte est d'avoir un module de contextualisation pour adapter l'activité d'apprentissage et le contenu aux contextes d'utilisateurs.

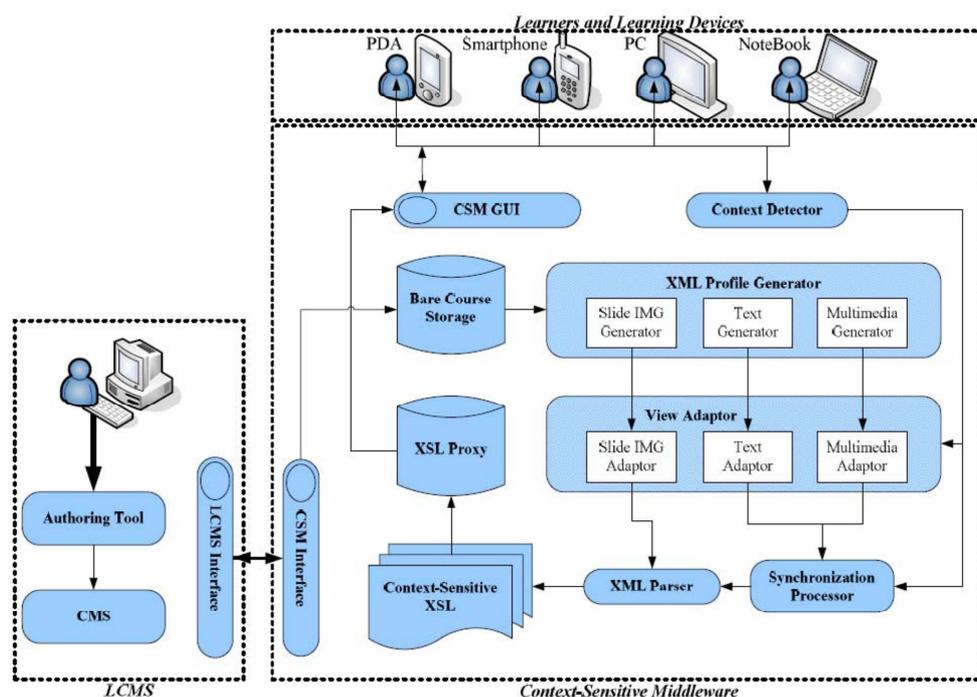


Figure II-3. Architecture du système *Context-Sensitive* [67]

Le système proposé par [67] est une architecture typique de systèmes contextuels. Il comprend un LCMS (*Learning Content Management System*), qui est développé sur les technologies de l'e-learning. Le contenu stocké dans ce système correspond aux standards de l'e-learning, décrit par des fichiers XML. Pour adapter le contenu au contexte mobile, un module CSM (*Context-Sensitive Middleware*) est ajouté entre le LCMS et les dispositifs mobiles.

*Le XML Profile Generator* est utilisé pour analyser le contenu original du LCMS, et le transfère en unités XML selon leurs formats (texte, image, multimédia). Ceci est nécessaire car le contenu original est conçu pour l'ordinateur personnel, mais pas pour les dispositifs mobiles.

*Le View Adaptor* est utilisé pour adapter les unités XML aux formats appropriés pour les différents dispositifs mobiles. Il travaille avec l'aide du *Context Detector*, qui peut détecter les capacités du dispositif visé et sélectionne le fichier XSL approprié pour les unités XML, pour que les formats puissent être supportés par le dispositif.

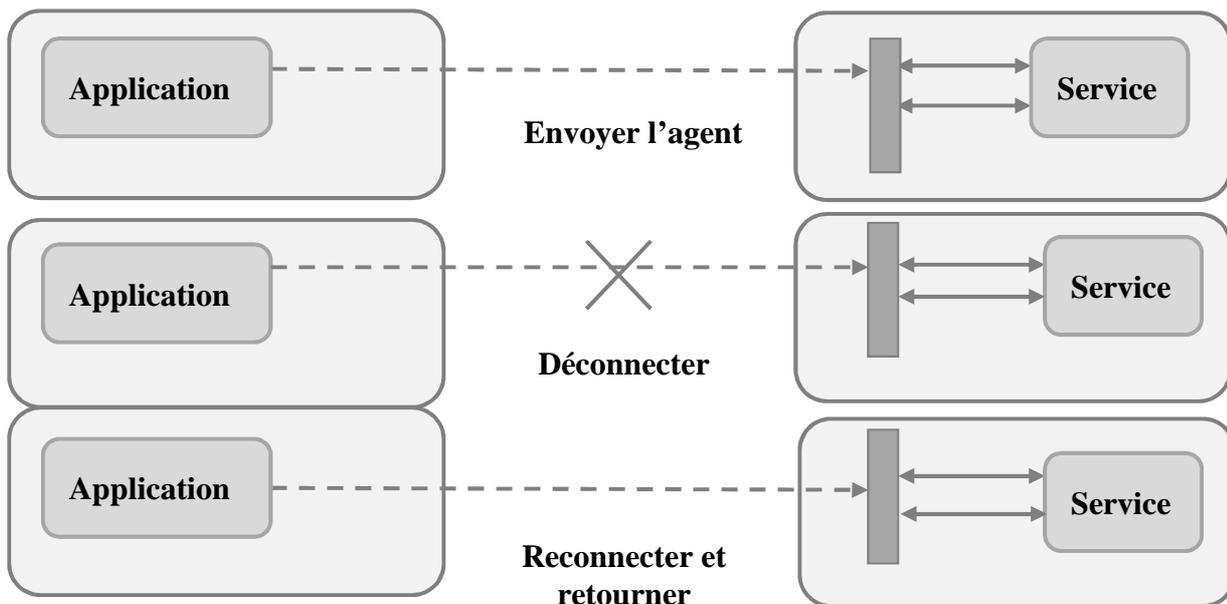
Les formats du contenu sont connectés et transformés par le *Context-Sensitive XSL*, qui les combine dans le *XSL Proxy* selon le navigateur supporté par le dispositif.

### II.5. Approches basées agents

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.

Selon la mobilité, nous pouvons distinguer deux types d'agents, le premier type est un agent fixe qui ne s'exécute que sur le système où il a commencé l'exécution, il est appelé agent stationnaire (immobile). L'autre côté, un agent mobile est un programme de clonage qui peut se déplacer à travers le réseau et s'exécuter dans différents systèmes [68]. Lorsque l'agent se déplace, il emmène son code, ses données et son état. Il a la capacité de suspendre leur

exécution à tout moment et de continuer une fois que résidant dans un autre emplacement. Le code est cet aspect de l'agent qui est exécuté quand il migre vers une plate-forme. Dans le cas le plus simple il y a un code unique. L'état est l'environnement d'exécution des données de l'agent, y compris le compteur de programme et la pile d'exécution. Les données se composent des variables utilisées par les agents, tels que les connaissances, les identifiants de fichiers, etc [69]



**Figure II-4.** Fonctionnement d'un agent mobile

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.

### **II.5.1. Les agents mobiles et les défis des environnements de l'apprentissage mobile**

L'apprentissage mobile a émergé du potentiel d'apprendre n'importe quand et n'importe où « anywere anytime learning ». Par conséquent, le matériel et les services d'apprentissage doivent être toujours disponibles et livrés à l'apprenant n'importe quand et n'importe où. Toutefois, l'environnement d'apprentissage mobile a un certain nombre de contraintes qui peuvent entraver les concepteurs des systèmes de l'apprentissage mobile pour atteindre ce potentiel. Ces contraintes sont liées aux limitations des appareils mobiles eux-mêmes qui ont une puissance de traitement réduite, une capacité de mémoire faible, la batterie limitée et une

capacité d'affichage très faible. Cependant, ces limitations sont réduites à l'heure actuelle, depuis la croissance exponentielle des appareils mobiles et l'adoption des capacités de l'ordinateur dans ces dispositifs. D'autres limites sont liées aux réseaux sans fil qui ont une latence et des délais de transmission élevée, une faible bande passante en particulier avec un nombre considérable d'utilisateurs, par conséquent la taille des données échangées doit être optimisée. Par ailleurs, un lien sans fil peut ne pas être disponible de manière permanente, en plus des connexions réseau coûteuses et fragiles qui crée des problèmes pour les services conçus pour fonctionner avec une connexion rapide, fiable et ouverte en permanence.

Les agents mobiles peuvent faire face à certaines de ces limitations. Ils sont souvent considérés comme une technologie prometteuse dans les systèmes d'apprentissage mobile, pour plusieurs raisons, telles que: [70]

- *Réduction de la surcharge du réseau*, c'est qu'ils se déplacent le calcul aux données plutôt que les données au calcul. En d'autre mot, ils permettent le traitement à effectuer dans l'hôte distant, en conséquent, ils peuvent s'occuper d'une grande quantité de données. Par ailleurs les interactions peuvent avoir lieu localement, ce qui peut permettre de surmonter la latence du réseau.
- *Les protocoles d'encapsulation*; agents mobiles peuvent résoudre le problème de mettre à niveau le code du protocole correctement, lorsque les données sont échangées, en se déplaçant à des hôtes distants pour établir des «canaux» basée sur des protocoles propriétaires.
- *L'exécution asynchrone et autonome*; Les tâches peuvent être incorporés dans des agents mobiles et ensuite dispatché. Les agents mobiles peuvent fonctionner de manière asynchrone et indépendante du programme qui l'envoi. Cela peut diminuer les connexions sans fil, de sorte qu'il peut surmonter les connexions sans fil coûteuse et intermittentes, et la bande passante limitée. De plus, il est très utile pour les tâches nécessitent une connexion en permanence ouvert. Par ailleurs, un agent peut être déplacé à une machine puissante pour effectuer des tâches complexes et retourner les résultats pour surmonter les ressources limitées des appareils mobiles. En plus, ils peuvent exécuter sur une connexion hors ligne qui permet aux apprenants d'apprendre même en l'absence de la connexion.
- *Adapter et réagit dynamiquement*; les agents mobiles peuvent s'adapter en fonction des changements survenus dans leur environnement d'exécution, et ils ont la

capacité de se distribuer entre les hôtes du réseau afin de maintenir la configuration optimale pour résoudre un problème particulier. Nous profitons de cette caractéristique pour adapter l'interface utilisateur aux préférences et aux besoins de l'utilisateur.

- *Les agents mobiles sont naturellement hétérogènes*, il est évident que les réseaux et les ordinateurs ont un caractère hétérogène. Parce que les agents mobiles sont généralement dépendre uniquement de leur environnement d'exécution, ils fournissent les conditions optimales pour l'intégration transparente du système.
- *Robuste et tolérant aux pannes*, si un hôte est en cours de fermeture, tous les agents qui s'exécuter sur cette machine sera averti, et un temps donné pour qu'ils s'expédient et de poursuivre leur opération sur un autre hôte dans le réseau. Ainsi, les agents mobiles sont robustes et tolérants aux pannes.

### II.5.2. Quelques travaux exploitant la technologie Agent pour le Mlearning

La technologie agent a été utilisée par nombreux systèmes de l'apprentissage mobile (par exemple A. Andronico et al. [71], Chi-W L. et al. [72], Meere, D. et al. [73], L.Esmahi et E. Badidi [74], V. Glavinic et al. [75] certains d'entre eux (SH. Wang et al. [76]) ont utilisent les agents intelligents pour ajuster le contenu de l'apprentissage dynamiquement tout au long de processus d'apprentissage.

De plus, la technologie d'agent mobile a ouvert un nouveau domaine de recherche intéressant dans l'apprentissage mobile. Dans [77] Kinshuk discuté comment la technologie d'agent mobile peut améliorer les environnements de l'apprentissage mobile, et a démontré comment les agents mobiles peuvent aborder les problèmes qui limitent le potentiel de développement d'environnement d'apprentissage mobile.

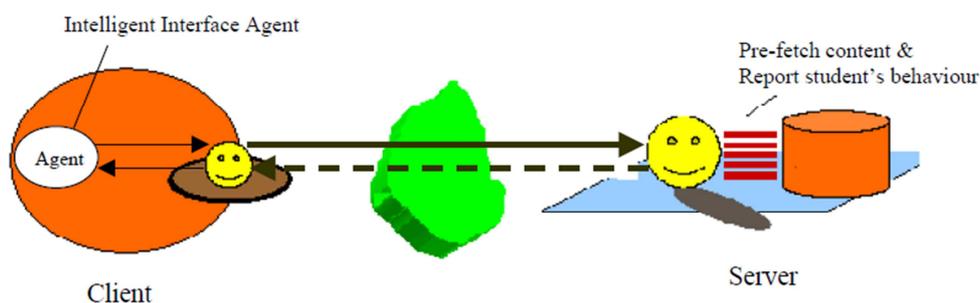
L'utilisation des agents mobiles, qui fournissent une solution intelligente à la limitation de la bande passante, poussent beaucoup d'auteurs pour tirer profit du rôle important des agents mobiles par transmission sans fil telle que SH. Hung, et Chung [78], et S.G. Han et al. [79], ils ont utilisé les agents mobiles comme une solution flexible pour recueillir le contenu de matériel d'apprentissage selon la demande de l'apprenant. L. Esmahi et E. Badidi [74] ont proposé un système multi-agent pour livrer des services de m-learning adaptatifs par l'adaptation les tâches de l'apprentissage et la personnalisation de contenu de cours en

fonction du modèle et de style de l'apprenant, et de la stratégie d'apprentissage. Ils ont utilisé des agents mobiles et stationnaires pour fournir une adaptation dynamique pour le contenu de cours ou l'interface. Leur architecture proposée offre l'avantage d'être plus flexible et extensible.

### II.5.2.1. Plateforme basée agent (Bee-gent framework)

*Kinshuk et T. Lin [77]* ont été les premiers qui appliquent la technologie d'agents mobiles pour améliorer les environnements de l'apprentissage mobile, ils ont motivés par les bénéfices des agents mobile qui permet de résoudre les insuffisances de l'apprentissage mobile telles que : l'accès lent au matériel de cours; les didacticiels ne s'adaptent pas aux élèves individuels; l'interaction en temps réel entre l'étudiant et le système est difficile à atteindre en raison du manque de fiabilité de connexion et limitations de bande passante.

Ils ont proposé d'utiliser les agents mobiles dans le pre-fetch de contenu du domaine qui sera demandé prochainement par l'étudiant, et rapporter le rendement des étudiants au serveur central (voir figure 2-4). Ce processus pre-fetch est basé sur l'analyse en temps réel du comportement de l'étudiant, et le calcul de la probabilité d'une demande. Selon l'état du réseau, une demande immédiate ou une réservation peut être remplie par l'agent mobile. De cette façon, la qualité de service bout-en-bout peut être améliorée pour la livraison de matériel multimédia distribué, tel que celui représenté par l'enseignement à distance. Cette technologie d'agent mobile évite les retards inutiles en réseau, traite la limitation de bande passante et adapte les représentations aux étudiants, en se basant sur les performances des étudiants.

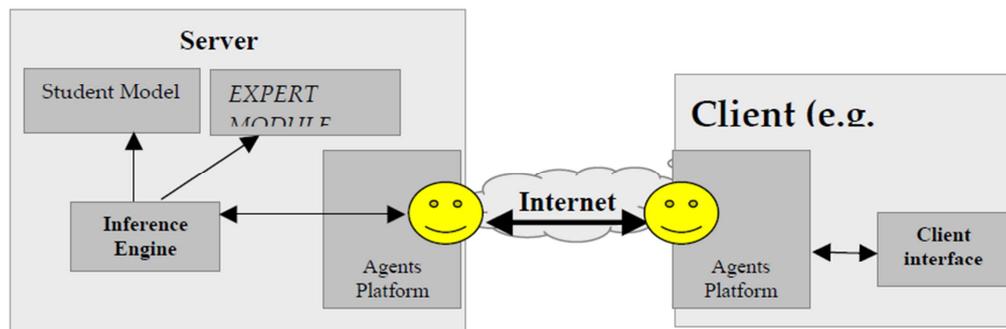


**Figure II-5.** Scénario du travail d'agent mobile [77]

La figure 2-4 montre l'architecture de l'utilisation de la technologie des agents mobiles pour mettre en œuvre le système d'apprentissage mobile. L'agent mobile interagit avec le moteur d'inférence du côté client pour récupérer les données. Puis il se déplace au côté

## Chapitre II : État de l'art Des Travaux Pour Le Mlearning

hôte (ou serveur), où il effectue tous les processus nécessaires, telle que la mise à jour la base de données, et d'interagir avec la base de données si cela est nécessaire. Après, l'agent mobile se termine toutes les tâches sur le côté hôte, il rassemble toutes les informations dont il a besoin, et retourne vers le côté client. Ensuite, il met à jour ce côté. En outre, l'approche agent mobile peut travailler dans une connectivité intermittente entre le client et l'hôte parce que l'agent mobile peut être envoyé et il peut travailler de façon autonome même si l'expéditeur n'est pas plus disponible.



**Figure II-6.** Architecture de l'environnement d'apprentissage mobile utilisant des agents mobiles [77]

La plateforme Bee-gent est utilisée pour implémenter les agents mobiles dans le système. Bee-gent est composé de deux types d'agents: agent wrapper et agent de médiation.

- Agents Wrappers sont utilisés pour agentifier les applications existantes. Ils gèrent les états des applications, qui sont enroulés autour, et invoquer les applications lorsque cela est nécessaire.
- Agents de médiation supportent la coordination inter-application par la manipulation de toutes les communications entre les applications. Les agents de médiation se déplacent d'un site d'une application à une autre où ils interagissent avec les agents wrapper distants.

La figure 2-6 montre comment Bee-gent est utilisée pour implémenter les agents mobiles dans le système. Les scénarios de processus principal sont les suivants.

- a) Sur le côté serveur, le moteur d'inférence interagit avec le modèle de l'apprenant et le module d'experts à travers l'interface de base de données. Si quelque chose doit être envoyé aux clients, le moteur d'inférence remarque l'agent wrapper avec l'information qui doit être envoyé. L'agent wrapper crée un agent de médiation

portant l'information et le programme associé, et lance l'agent de médiation. Si ce dernier ne peut pas trouver les clients cibles, il le signale la panne et continue les tentatives d'atteindre la cible. S'il atteint la cible de clients, il communique et échange d'informations avec l'agent wrapper du client et met à jour le côté client.

- b) Sur le côté client, si une demande doit être envoyée au serveur, le client informe l'agent wrapper de côté client, et il va créer un agent de médiation qui est capable de transporter les informations au serveur.

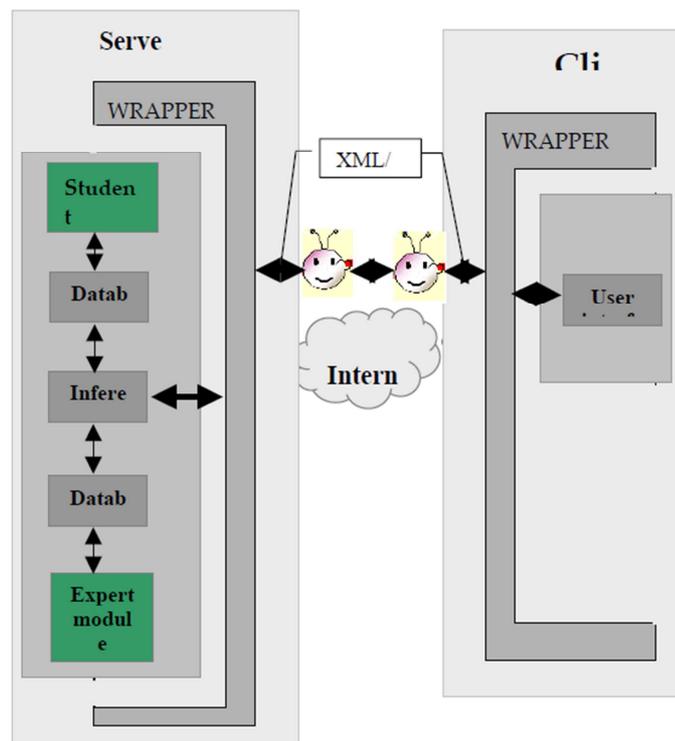


Figure II-7. Architecture de l'utilisation de Bee-gent [77]

### II.5.2.2. Approche Agents Mobile dans l'environnement d'apprentissage mobile (Mobile Transaction ACID)

Sheng-Hung et Chung [78] proposent une approche utilisant des agents mobiles et ACID (Atomicité, Cohérence, Isolation et Durabilité) dans l'apprentissage mobile. Ils utilisent deux agents ; l'agent de réplication et snapshot agent qui sont proposés comme un moyen efficace de surmonter le problème de chargement lourd la bande passante limitée utilisée dans la transmission sans fil pour l'environnement d'apprentissage mobile. La mise en œuvre des agents mobiles, comme middleware pour l'environnement de mLearning est pour fournir de réplication de base de données entre les apprenants et les bases de données hors

## Chapitre II : État de l'art Des Travaux Pour Le Mlearning

site. L'agent de réplication répond aux exigences de propriétés ACID (Atomicité, Cohérence, Isolation et Durabilité).

Dans cette technique proposée, une base de données centrale LMS (Learning Management System) est déterminée comme un Snapshot publisher, où une édition compacte des fichiers et des informations est générée à Snapshot location qui réside sur le serveur de base de données centrale. Les utilisateurs peuvent récupérer rapidement des informations par les applications mobiles sans fil. Dans ce cas, l'agent de réplication offre la souplesse nécessaire pour passer d'un site (utilisateur) à un autre (base de données centrale) pour la synchronisation des données essentielles.

L'agent de réplication est inclus les composants suivants: publisher, distributor, subscribers, publications, articles, et subscriptions. Les agents de réplication pour être utilisés dans le domaine de l'environnement d'applications mobiles qui sont responsables de copie et le déplacement important des champs de données entre l'éditeur et les abonnés ( subscribers) sont : Snapshot Agent, Log Reader Agent, Distribution Agent, Queue Reader Agent, et Merge Agent. La figure suivante montre le processus de réplication.

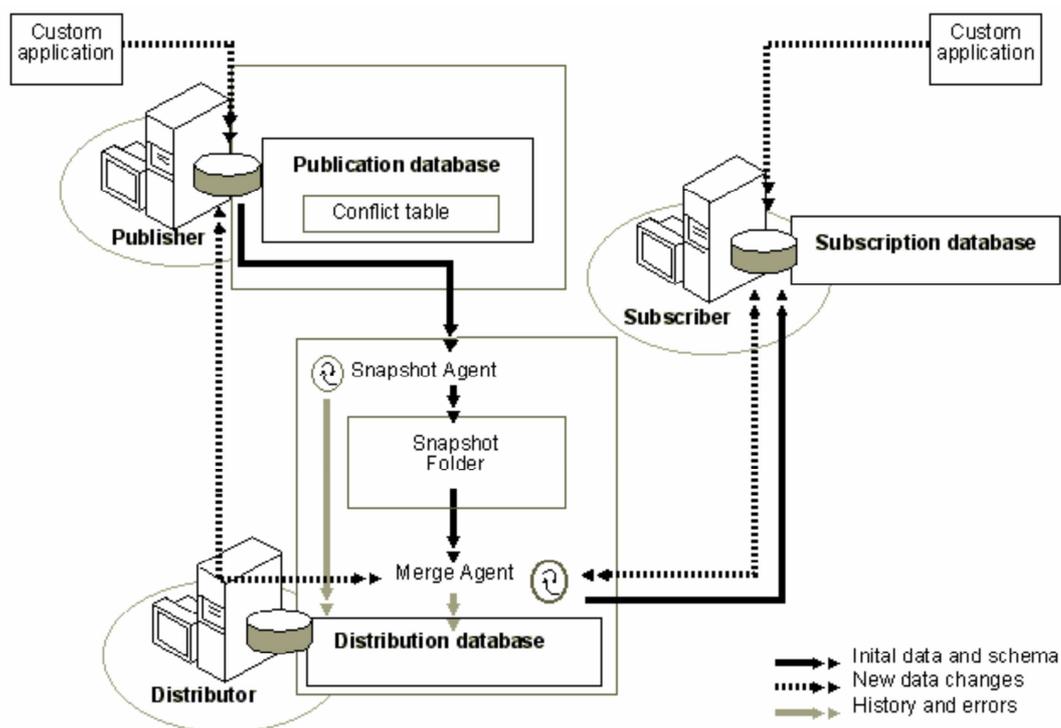


Figure II-8. Processus de réplication

### II.6. Synthèse des travaux

Dans la section précédente nous avons présenté quelques exemples représentatifs des approches et d'architectures de l'apprentissage mobile définis dans la littérature. Pour synthétiser nos propos, nous avons choisi de comparer les différentes architectures introduites dans la section précédente en s'appuyant sur des critères significatifs définis dans le chapitre précédent.

Nous nous intéressons particulièrement à :

- *La sensibilité au contexte d'apprentissage* : on se base sur la classification proposée dans [13] qui distingue l'apprentissage mobile en : **l'apprentissage mobile contextuel** ou **l'apprentissage mobile situé**.
- *le support des dispositifs mobile* : puisque tous les dispositifs mobiles utilisés dans les architectures précédentes sont de type personnel/portable, on ne peut pas se baser sur la classification de Naismith [25], donc on se satisfait de citer le type de dispositif mobile utilisé : PDA, Smartphone, TabletPC, ...etc.
- *Réduire l'utilisation de la bande passante* : puisque les dispositifs mobiles ont comme inconvénient une faible bande passante, les architectures doivent supporter une solution pour réduire l'utilisation de la bande passante pour accélérer les communications.
- *la communication entre les apprenants et les enseignants* : synchrone ou asynchrone. Dans la communication synchrone les étudiants peuvent communiquer en temps réel avec les enseignants et les autres étudiants, dans l'autre cas ils ne peuvent pas, ils utilisent souvent des e-mails et / ou des SMS pour envoyer des informations asynchrones.
- *la technologie de communication* : GPRS, GSM, Bluetooth, IEEE 802.11 ; IrDA.
- *Adaptation* : peut contenir soit l'adaptation de contenu de cours au profil, style de l'apprenant ou l'adaptation de présentations aux capacités réduites de dispositifs mobiles.
- *l'accès au matériel d'apprentissage / service administratif* : on-Line ou off-Line, c.-à-d. la disponibilité d'une connexion permanente entre le système d'apprentissage

## Chapitre II : État de l'art Des Travaux Pour Le Mlearning

mobile et les utilisateurs. Selon ce critère les systèmes peuvent être divisés de la façon suivante:

- Systèmes on-line: Ces systèmes nécessitent une communication permanente entre le système et les dispositifs mobiles des utilisateurs.
  - Systèmes off-line: Le matériel didactique est téléchargé dans le dispositif de l'utilisateur mobile. Il n'est pas nécessaire d'une communication sans fil entre le système d'apprentissage et les appareils mobiles.
  - Systèmes qui assurent à la fois on-line/offline : L'accès à la partie du matériel d'apprentissage est en ligne alors que l'accès aux matériaux qui reste est hors-ligne (ils doivent d'abord être téléchargés sur la mémoire des appareils mobiles).
- *Basé sur e-learning* : ce critère désigne si le système est basé sur la plateforme de e-learning.

Nous listons les architectures avec l'évaluation de ces critères dans le tableau suivant :

	<b>Trifonova (2004)</b>	<b>Suchil (2004)</b>	<b>C.Chu (2005)</b>	<b>W. Mobile transaction ACID</b>	<b>Bee-gent Framework</b>
<b>contextuel</b>	Oui	Non	Oui	Non	Non
<b>dispositifs</b>	Non défini	PDAs, TabletPCs, wireless phones	PDAs, Smartphone, PCs, Note book	Non défini	Non défini
<b>Réduire l'utilisation de la bande passante</b>	Non	Non	Non	Oui	Oui
<b>Commun. apprenant /enseignant</b>	Synchrone	Asynchrone	Synchrone	Synchrone	Synchrone

<b>technologie de commun.</b>	Non définit	Non définit	Non définit	IEEE 802.11	Non défini
<b>adaptation</b>	Capacités de dispositifs mobiles	Non défini	Des unité XML aux dispositifs mobiles	Non	Non
<b>Access</b>	On/Off-line	On/Off-line	Non défini	On/Off-line	On/off-line
<b>Basé sur e-learning</b>	Oui	Oui	Oui	Non	Non

**Tableau II-1.** Comparatif des architectures de l'apprentissage mobile

### Discussion

Dans le tableau, nous trouvons que chaque architecture reflète des caractéristiques ciblées pendant sa conception, par exemple les approches basées agents ont comme avantage de fournir une solution intelligente à la limitation de la bande passante mais dans l'autre côté elles ne supportent pas la sensibilisation au contexte d'apprentissage en plus elles ne permettent pas l'adaptation de contenu de cours aux profils de l'apprenant. Les architectures basées sur des plateformes de e-learning doivent contenir un module supplémentaire qui permet l'adaptation de contenu aux dispositifs mobiles de faibles caractéristiques, mais ils exigent peut d'effort parce qu'ils sont basé sur une plateforme déjà existent. Les approches sensibles au contexte ont comme avantage de mettre à disposition de l'utilisateur des ressources d'apprentissage appropriées selon le contexte. Il faut donc déterminer selon le contexte quelles ressources à envoyer, de quelle manière, à quel moment et sur quelle interface, ... etc. Cependant, la contextualisation dans l'apprentissage n'est pas facile à atteindre. La diversité des technologies mobiles et la dynamique dans des environnements mobiles compliquent le processus de contextualisation.

Evidement une seule architecture ne peut pas satisfaire tous les critères. Parmi ces exemples, l'architecture de Trifonova supporte le plus de critères que nous avons identifié comme pertinents.

### II.7. Conclusion

Le développement d'un système d'apprentissage mobile tel que nous le concevons se trouve à la croisée de plusieurs domaines : le contexte et la sensibilité au contexte, l'adaptation de contenu d'apprentissage, et en plus de la diversité des apprenants et de leurs appareils mobiles. La technologie agents s'avère pertinente pour résoudre ces problèmes parce qu'ils possèdent des caractéristiques appropriés aux environnements d'apprentissage mobile.

Après examiner les architectures et les approches de m-learning existantes, il est évident que le m-learning est encore à son enfance, et les recherches faites dans ce domaine est encore au niveau individuel ou en groupe. En plus, 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 dont nous avons proposé une nouvelle approche adaptative à base d'agents pour le m-learning. Dans le chapitre suivant on va décrire cette approche en détails.

## Chapitre III

# Modélisation de l'approche

## Chapitre III

# Modélisation de l'approche

### III.1. Introduction

Depuis l'émergence de l'apprentissage mobile, il a tiré l'attention de plusieurs chercheurs dans plusieurs domaines, et beaucoup d'encre a coulé au sujet de proposer des approches pour adresser les limitations des environnements d'apprentissage mobile, ces limites sont liés aux appareils mobiles utilisé par les apprenants tels que ; une puissance de traitement réduite, une capacité de mémoire faible, la batterie et la taille de l'écran limités, d'autres limitations sont liées aux réseaux sans fil, qu'ils sont caractérisés par leur latence élevé, connectivité intermittente, et une bande passante faible. En plus de la mobilité des apprenants qui résulte un changement permanent de contexte. A cet effet, l'adoption du context-awareness (sensibilité au contexte) dans l'apprentissage mobile est devenue un sujet crucial dans ce domaine. Donc il est important que le système de l'apprentissage mobile réagisse de manière automatique et dynamique à ces changements et de mettre à disposition de l'utilisateur des ressources d'apprentissage appropriées selon le contexte. Par ailleurs, un système d'apprentissage mobile doit supporter la variété d'apprenants qu'ils peuvent avoir des différentes compétences et des motivations à apprendre dans des contextes variables. À cet effet, la nécessité de personnaliser l'apprentissage a été bien reconnu. Les activités d'apprentissage et le contenu des cours serait adaptés aux besoins de l'apprenant, aux leur intérêts, préférences et aptitudes.

D'autre part, les agents mobiles sont une solution prometteuse qui peut réduire les problèmes mentionnés ci-dessus; en outre, ils facilitent l'introduction des méthodes d'apprentissage adaptatives, automatiques et dynamiques. Ils adaptent leur comportement à l'état dynamique de l'environnement d'apprentissage mobile. Ainsi, nous proposons une approche à base d'agents pour un système d'apprentissage mobile efficace et flexible.

Ce chapitre est dédié à présenter une telle approche; Tout d'abord, nous présentons la théorie de style d'apprentissage que nous avons adoptée dans notre travail qui est le modèle de

Felder-Silverman, ainsi qu'une description de haut niveau de l'architecture multiagents pour l'apprentissage mobile.

Ensuite, nous décrivons en détail notre approche en expliquant les structures et les fonctionnalités des agents utilisés dans l'architecture. Enfin, la conclusion.

### III.2. Styles d'apprentissage

Un style d'apprentissage se définit comme étant les comportements distinctifs aux plans cognitifs, affectifs, psychologiques et sociologiques; ces comportements servent d'indicateurs relativement stables de la façon dont un individu perçoit et traite l'information, interagit et répond à l'environnement d'apprentissage [80]

Les apprenants ont des façons différentes d'apprentissage. Chaque apprenant a son propre niveau de perception, sa manière à la construction et la rétention des connaissances, de cette manière, un seul style ne convient pas à tous les apprenants. Nous devons comprendre la façon dont il apprend, pour savoir quelles sont les stratégies à utiliser pour adapter son apprentissage. De cette idée, différents chercheurs de différentes disciplines ont tenté de comprendre l'apprenant et de définir les styles d'apprentissage qui aident à répondre à leur besoins et aider les enseignants à améliorer leurs stratégies d'enseignement. Parmi ces travaux nous citons celui de Myers-Briggs (MBTI) [81]; la théorie de style d'apprentissage de Kolb [82]; la théorie du style d'apprentissage de Felder-Silverman [83] [84], notre travail se base sur ce dernier modèle de style d'apprentissage, pour différent raisons tels que: [85]

- Son questionnaire d'indice de style d'apprentissage (ILS) [86] propose une approche pratique et concrète pour établir le style d'apprentissage dominant de chaque apprenant.
- Les résultats de ILS peuvent être reliés facilement à des environnements adaptatifs [87].
- Il est plus approprié et faisable de mettre en œuvre pour les didacticiels hypermédias [88].

Felder et Silverman modèle propose huit styles d'apprentissage qui sont décrits comme suit [84]:

### Chapitre III : Modélisation de l'approche

---

- Les apprenants actifs, préfèrent d'essayer et d'expérimenter les choses et voir comment ils travaillent et aiment le travail de groupe parce que cela leur permet d'être dans l'action.
- Les apprenants réflexifs aiment penser les choses en premier avant d'agir.
- Les apprenants sensoriels aiment d'apprendre des faits, d'utiliser des méthodes établies pratiquement et soigneusement. Ils aiment résoudre des problèmes en établissant d'abord une méthode.
- Les apprenants intuitifs ont tendance à travailler rapidement et être innovants et peuvent souvent manipuler des concepts abstraits et mathématiques. Ils n'aiment pas la répétition et le travail qui implique beaucoup de mémorisation et de calculs.
- Les apprenants visuels comprennent mieux de nouvelles informations en les visualisant sous forme d'images, de démonstrations, des diagrammes, des graphes et des films.
- les apprenants verbaux comprennent davantage de mots entendus et écrits.
- Les apprenants séquentiels intègrent de nouvelles connaissances en procédant de façon linéaire et logique pour chacune des étapes.
- les apprenants globaux ont tendance à apprendre en absorbant la matière dans un ordre aléatoire et en tentant de comprendre globalement le concept.

<b>Perception</b>	Sensoriel	Intuitif
<b>Input</b>	Visuel	Verbal
<b>Traitement</b>	Actif	Réflexif
<b>Compréhension</b>	Séquentiel	Global

**Tableau III-1.** Dimensions de styles d'apprentissage.

Dans le but d'adapter les contenus d'apprentissage en fonction des préférences de l'apprenant, nous avons besoin de comprendre l'apprenant d'abord, à cet effet, nous avons

## Chapitre III : Modélisation de l'approche

utilisé le questionnaire ILS; qui se compose de 44 questions à choix forcé, pour évaluer les styles d'apprentissage des apprenants, 11 pour chacune des quatre dimensions, sur chaque dimension, le score est un chiffre impair entre -11 et +11 ; plus on s'éloigne de zéro, plus la préférence est forte (voir tableau 2). Puisqu'il s'agit d'une échelle polaire, l'un est forcément négatif et l'autre positif. Les résultats sont utilisés pour adapter le contenu d'apprentissage en conséquence d'échelle d'ILS. Cette adaptabilité est menée par la capacité du système à fournir du contenu dans différents formats : une préférence forte peut très bien convenir à certains formats de cours ou pour certaines tâches dans des contextes donnés. Par exemple, pour les apprenants visuels, le système doit afficher des éléments graphiques plutôt que des données textuelles en fonction de l'échelle d'ILS (fort, moyen, faible).

Enfin, l'instrument ne mesure que les préférences, non les aptitudes : bien qu'on ait souvent tendance à préférer un domaine où on est fort, cela ne s'ensuit pas inévitablement. [89]

Echelle	-11	-9	-7	-5	-3	-1	+1	+3	+5	+7	+9	+11
Préférence	fort		moyen		faible		faible		moyen		fort	

Tableau III-2. Echelle ILS

### III.3. L'architecture proposée

Nous avons proposé une architecture à base d'agents pour l'implémentation du système d'apprentissage mobile. Dans notre approche, nous avons utilisé des agents stationnaires afin de profiter des points forts de ce paradigme tels que : autonomie, réactivité, et sociale. L'autre côté, nous devons réduire les problèmes de réseaux sans fil par l'utilisation des agents mobiles à travers les connexions sans fil aux appareils mobiles. La description détaillée de ces agents est articulée ci-dessous:

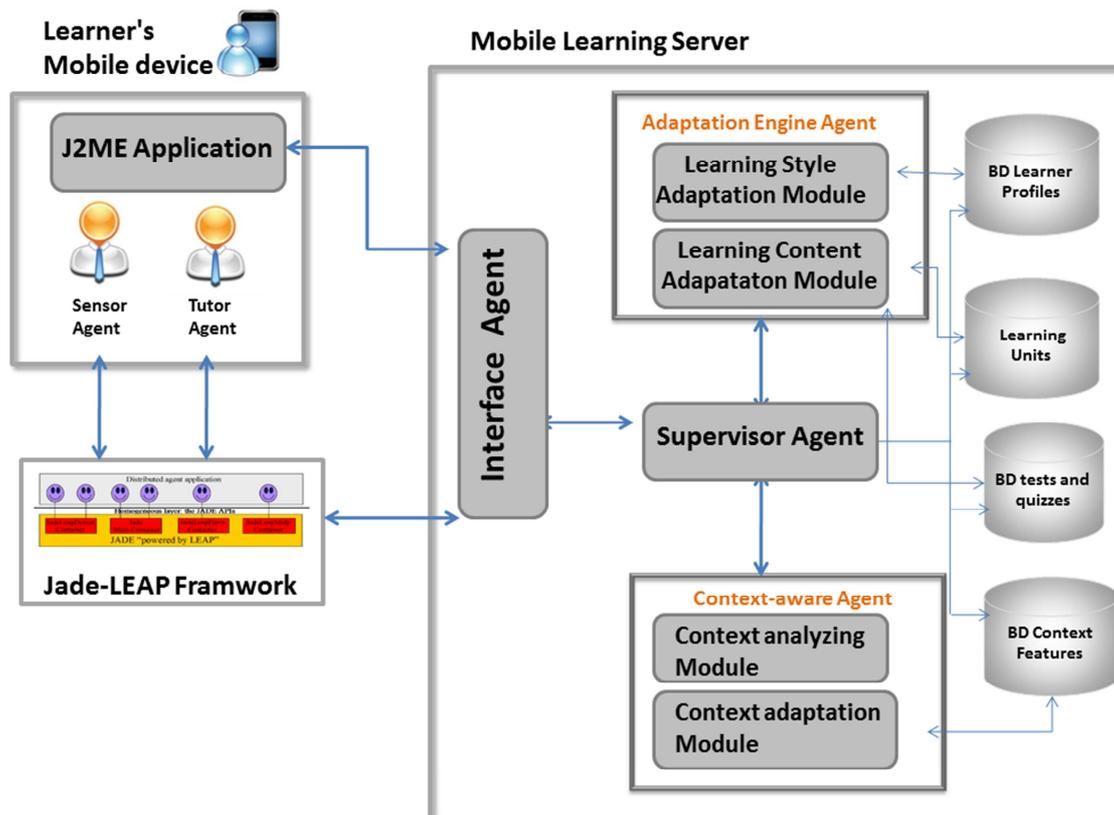


Figure III-2. Architecture proposée du MLS

### III.3.1. Description des agents du système

#### III.3.1.1. Agent interface

Cet agent peut être vu comme un médiateur entre les dispositifs des apprenants et le serveur. C'est un agent stationnaire qui est responsable principalement de se communiquer avec les apprenants en acquérant toutes les requêtes de services des apprenants, envoyer ces requêtes aux agents adéquats et présenter les résultats aux apprenants. Il a plusieurs tâches:

- Il procède à l'authentification des nouveaux apprenants, et contrôle l'autorisation des utilisateurs en vérifiant le mot de passe.
- Il agit comme un point de communication entre les dispositifs des apprenants et le système.

- Il crée et dispatcher les agents mobiles aux dispositifs des apprenants.
- Il informe l'Agent Superviseur de mettre à jour ou de stocker des informations concernant le profil de l'apprenant.

La structure de cet agent est comme suite :

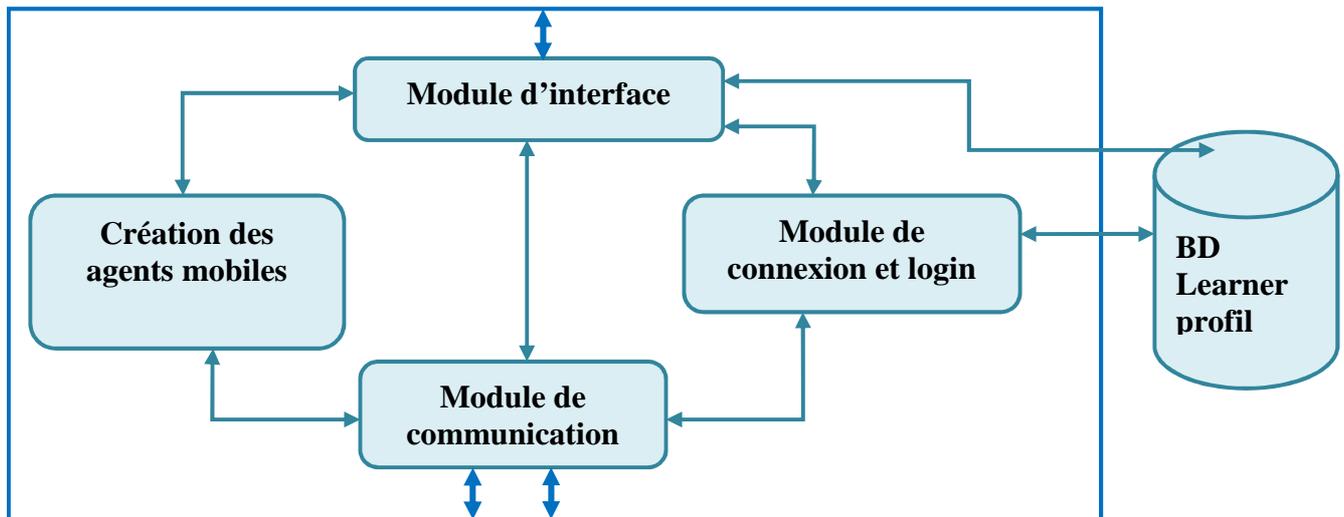


Figure III-3. Architecture de l'agent interface

### a) Module d'interface

Ce module est responsable de gérer les communications sans fil entre le serveur et les agents mobiles migrés aux appareils mobiles des apprenants en utilisant le protocole http.

### a) Module de connexion et login

Ce module se charge de l'authentification des apprenants par :

- Réception de données saisies par l'apprenant (nom d'utilisateur et du mot de passe), envoyé par l'agent tuteur.
- Interrogation de la base de données des apprenants (profils d'apprenants) qui contient les informations des comptes utilisateur.
- 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.

Et l'inscription des nouveaux apprenants :

- Réception de informations envoyé par l'agent tuteur saisies par l'apprenant (nom d'utilisateur et du mot de passe, âge, email, numéro de téléphone, niveau),
- Envoyer une demande à l'agent superviseur pour la création d'un nouveau profil d'apprenant contient les informations précédentes.

### **b) Module de communication**

Ce module se charge de l'envoi et la réception des messages depuis ou vers l'agent superviseur. A travers ce module, l'agent interface acquérir toutes les requêtes envoyées par les apprenants via l'agent tuteur réside dans leurs appareils mobiles, et passer ces requêtes à l'agent superviseur qui, à son tour, les passe aux agents adéquats et renvoyer les résultats à chaque apprenant selon leur requête.

### **c) Module de création des agents mobile**

A travers ce module l'agent interface peut créer et dispatcher les agents mobiles aux dispositifs des apprenants.

### **III.3.1.2. Agent Tuteur**

C'est un agent mobile qui permet à l'apprenant de réagir avec le système. Il affiche tous ce qui est dessiné aux apprenants (page d'accueil, cours, tests et réponses ... etc.) à travers une interface simple fourni par une application j2me installé dans l'appareil mobile de l'apprenant. Il assure aussi l'inscription des nouveaux utilisateurs et l'identification des utilisateurs déjà inscrits.

Les tâches principales de l'agent tuteur sont:

- Il joue le rôle d'un médiateur entre l'apprenant et le système de l'apprentissage mobile.
- Afficher et gérer le matériel de cours adapté en fonction du style d'apprentissage de l'apprenant et les caractéristiques de leur appareil mobile.
- Il assure l'inscription des nouveaux apprenants et l'identification des anciens apprenants.

- Il adapte les unités de cours au contexte détecté par le Sensor agent.
- Il assure l'affichage de tests à l'apprenant et lui rend sa note calculée à partir de leurs réponses.

L'architecture de l'agent tuteur est comme suit:

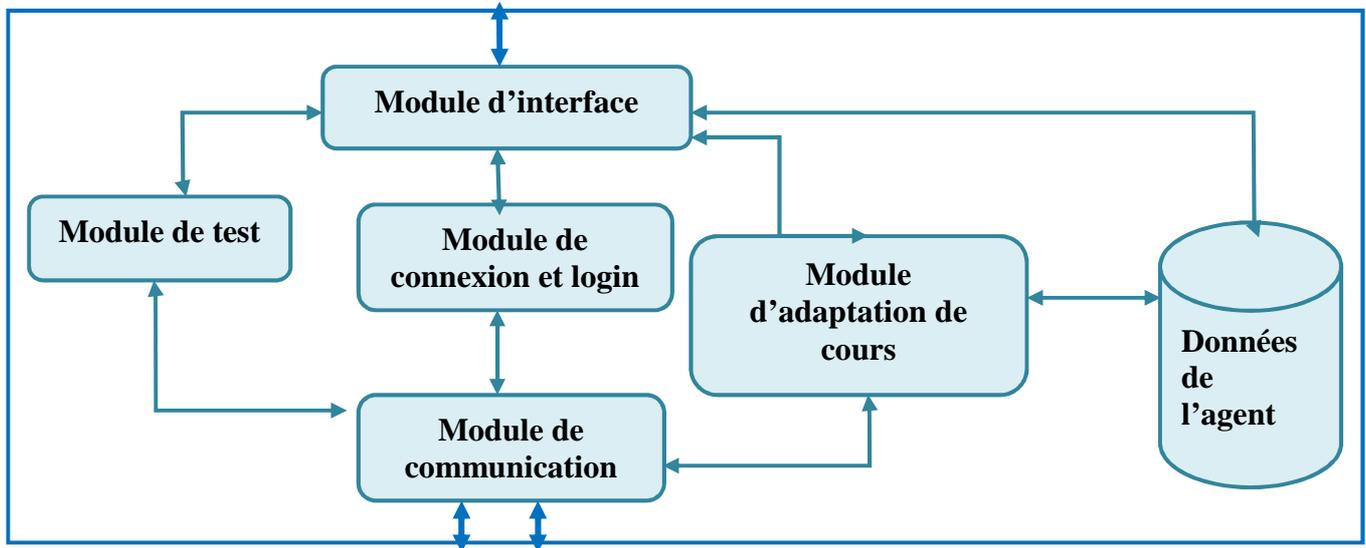


Figure III-4. Architecture de l'agent tuteur

### a. Module d'interface

C'est le responsable de la liaison de l'apprenant avec le système en présentant les fonctionnalités et les services du système sous forme d'une interface graphique fourni par une application de j2me. Il se charge de l'affichage et la présentation de cours en communiquant avec l'application j2me et il collecte les données entrées, par l'apprenant et les passe aux autres modules.

### b. Module de communication

Ce module se charge de l'envoi et la réception des messages depuis ou vers les autres agents (agent interface et Sensor agent). A travers ce module, l'agent Tuteur communique avec les autres agents du système.

### c. Module d'adaptation de cours

Ce module est chargé de l'adaptation de cours en fonction de nouveau contexte détecté par le Sensor agent.

### d. Module de connexion et de login

Ce module est responsable de la tâche de connexion et de login de l'apprenant, il fait une vérification des informations saisies par l'apprenant ; par exemple le numéro de téléphone ne doit pas contenir des lettres, l'e-mail doit conformer au format (utilisateur@fournisseur.domaine), ensuite il passe ces informations au module communication qui envoie des messages qui contiennent les informations saisies par l'apprenant à l'agent tuteur pour mettre à jour la base de données de serveur.

### e. Module de tests

Ce module est responsable de charger et d'afficher les tests à l'apprenant, ensuite il envoie les réponses de l'apprenant à l'agent interface qui lui renvoie les résultats.

### f. Données de l'agent tuteur

A cause de la faible capacité de stockage des appareils mobiles, la base de données de l'agent tuteur ne contient que l'unité de cours que l'apprenant est en cours de l'apprendre, cette unité est envoyée par l'agent interface à chaque demande de l'agent tuteur.

### III.3.1.3. Sensor Agent

C'est un agent mobile et réactif, nous l'avons appelé « Sensor » parce qu'il sent l'environnement d'apprentissage et réagit en conséquence aux changements. Cet agent mobile a un rôle de surveiller et de suivre l'apprenant pendant son processus d'apprentissage et de sauvegarder son comportement et les données pertinentes à ce sujet.

- il envoie des informations sur les capacités et les caractéristiques de l'appareil mobile de l'apprenant (taille de la mémoire, puissance de traitement, connectivité disponible, les coûts de communication, la bande passante, et le niveau de batterie) pour être enregistrées dans le profil de l'appareil mobile.
- il envoie des observations sur l'apprenant, la durée de l'apprentissage d'un cours, combien de fois il vérifie la page d'aide, la durée entre deux connexions au système, et ensuite il envoie un rapport au système lorsque l'apprenant se déconnecte.

L'architecture de cet agent est la suivante :

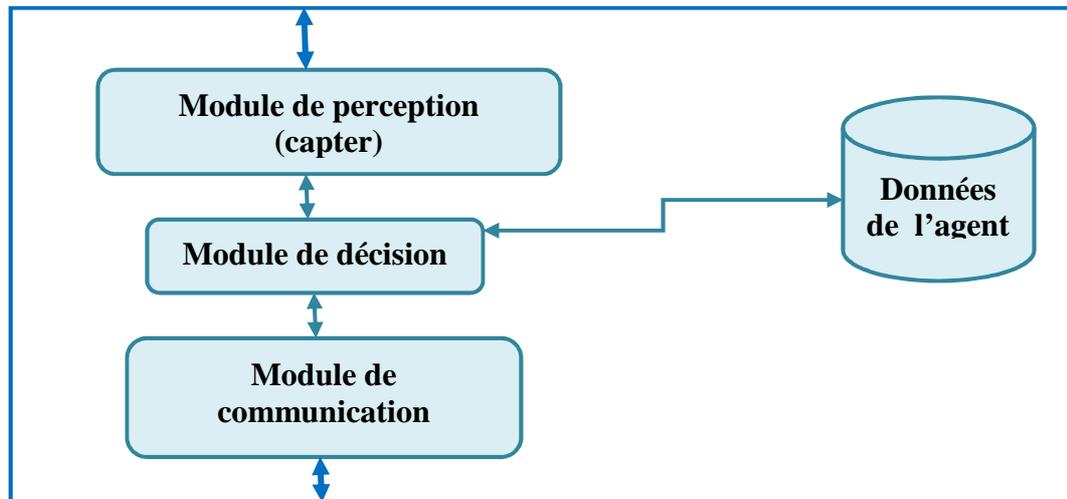


Figure III-5. Architecture d'agent sensor

### a. Module de perception

Ce module permet d'intercepter l'environnement, c'est à dire de capter les évènements et le comportement de l'apprenant pendant son processus d'apprentissage, afin de rendre l'agent « réactif », c'est-à-dire de réagir aux changements de contexte nous exprimons un ensemble de règles ECA (Evénement, Condition, Action) qui lui rendent capable de détecter des situations et réagir automatiquement, donc la détection d'un évènement entraîne l'exécution d'une action lorsque la condition est satisfaite, il passe un message contenant l'évènement au module décision pour exécuter l'action.

Les évènements déclencheurs de ces agents mobiles, peuvent être : Inscription ou connexion d'un apprenant, demande de cours, demande de test, déconnexion, etc.

### b. Module de décision

Au niveau de ce module, l'agent prend les décisions d'action selon l'évènement déclencheur, par exemple ; en cas de l'évènement « inscription d'un apprenant » l'agent Sensor envoie une requête http qui inclut dans son entête des informations sur les caractéristiques et les capacités de l'appareil mobile de l'agent tels que :

- Le type de l'appareil ; smartphone, téléphone cellulaire, tablet, PDA ;
- La taille de l'écran ;
- Les formats supportés d'image, audio, vidéo ;

- La taille maximum de l'image ;
- Est-ce que l'appareil supporte le vidéo streaming ;
- Est-ce que l'appareil peut afficher des images et de texte dans la même ligne ;
- Est-ce qu'elle peut utiliser des images comme des liens ;
- Des informations sur l'explorateur de mobile, s'il existe ;
- La taille de mémoire
- La bande passante

### c. Module de communication

Ce module se charge de la construction des messages et leur envoi et la réception des messages reçus. A travers ce module, l'agent Sensor communique avec les autres agents (Tuteur et Interface).

#### III.3.1.4. Context-aware Agent

C'est un agent stationnaire qui permet d'analyser et de modéliser le contexte de l'apprenant. Dans notre approche nous nous intéressons au contexte de l'appareil mobile de l'apprenant (taille de la mémoire, puissance de traitement, de connectivité disponibles, les coûts de communication, la bande passante, et le niveau de batterie).

L'agent de l'adaptation de sensibilité au contexte a deux tâches principales ; l'analyse de contexte et l'adaptation de cours selon ce contexte, ces deux tâches s'effectuent par les deux modules Context Analyser Module et Context Adaptation Module et d'autres module présenté ci-dessous :

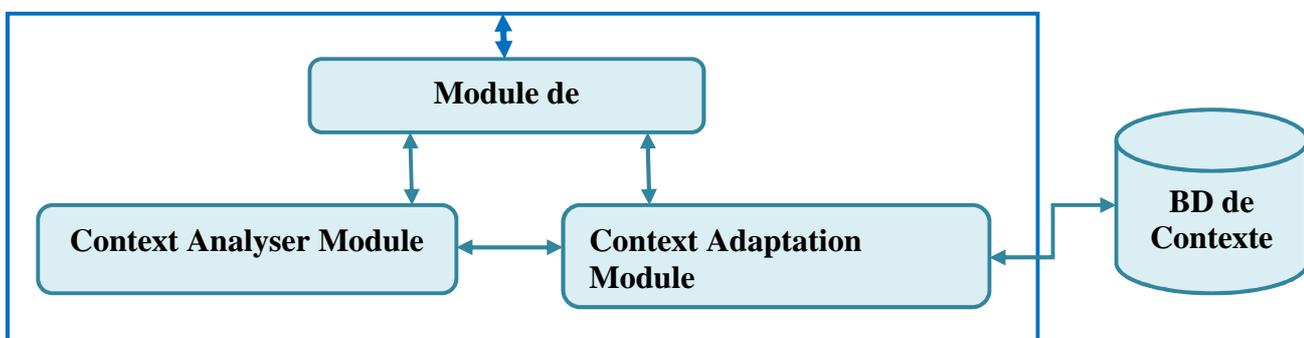


Figure III-6. Architecture de l'agent d'adaptation de contexte

### a. Context Analyser Module

Contexte Analyser Module se charge d'analyser les informations envoyées par Sensor Agent et de les filtrer pour en extraire les données relatives au contexte, il reçoit périodiquement des données de Sensor Agent, puis il les modélise et les classe en fonction de leur priorité à être traitée efficacement par le Context Adaptation Agent, il envoie les informations relatives au profil de l'apprenant et celle relatives au contexte au Supervisor Agent qui les associe à la base de données de contexte et le profil de l'apprenant.

### b. Context Adaptation Module

Contexte Adaptation Agent utilise et applique les informations récupérées par Contexte Analyser Agent. Par exemple, si l'apprenant a une connexion à bande passante limitée, alors nous devons réduire le contenu multimédia, et dans le pire des cas nous pouvons le remplacer par un contenu textuel. Et à la base du contexte actuel, Context Adaptation Agent prédit le futur contexte et effectue l'activité appropriée. Pour l'exemple précédent, il transmet les données uniquement avec de petite taille.

Enfin, Contexte Adaptation Agent transmet le contexte dans le module d'adaptation via le Supervisor Agent, qui à son tour sauvegarder le contexte d'apprentissage et l'intègre avec un contenu d'apprentissage adaptable.

### c. Module de communication

Ce module permet l'agent de communiquer avec les autres agents de système (Agent Interface et Agent Superviseur) par l'envoi et la réception des messages depuis ou vers ces agents.

### III.3.1.5. Agent Superviseur

C'est le cœur du système. Il est considéré aussi comme un médiateur entre les agents du système le coordinateur entre eux. A travers cet agent, les agents peuvent communiquer entre eux par l'envoi et la réception des messages, dont toutes ces messages doivent passer par cette agent. C'est un agent stationnaire qui a le rôle de surveiller le fonctionnement du système. Il est le seul agent qui peut modifier et mettre à jour les bases de données.

La structure de cet agent présenté ci-dessous :

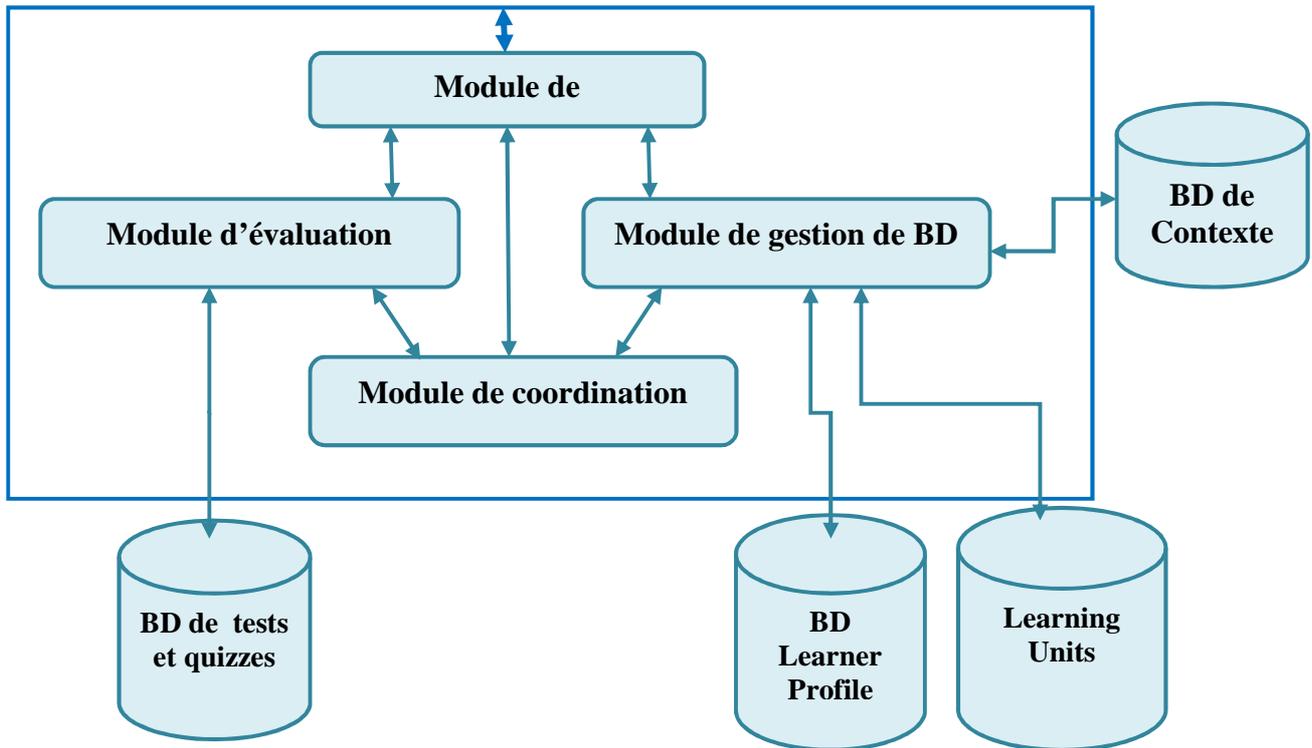


Figure III-7. Architecture de l'agent superviseur

### a. Module d'évaluation

Il se charge de corriger les réponses et de calculer le résultat de l'apprenant selon ces réponses. Ensuite, il envoie les résultats à l'agent Interface qui les passe à l'agent tuteur pour les afficher à l'apprenant.

Il peut effectuer cette tâche après la recevoir de la liste de tests adaptés et de corriger par l'agent Adaptation Engine qui se charge de préparer des tests adaptés au niveau de l'apprenant. Enfin il sauvegarde le résultat de l'apprenant dans son profil.

### b. Module de coordination

Afin que le système fonctionne d'une façon correcte et atteigne une meilleure performance, il est nécessaire d'avoir un composant qui fait la coordination et le contrôle entre les autres agents de système, ce module se charge d'effectuer cette tâche de coordination et la synchronisation entre les actions effectuées par ces agents.

### c. Module de gestion de BD

Ce module se charge de la gestion (et la mise à jour) des bases de données de système (BD de tests et des quizzes, BD de profile de l'apprenant, BD de contexte et LO de contenu de cours), le fonctionnement de module est comme suit :

- A l'inscription d'un nouvel apprenant l'agent tuteur envoie les informations de l'apprenant à l'agent interface,
- Lorsque l'agent superviseur reçoit ces informations de l'agent interface avec une demande de sauvegarde il crée un nouveau enregistrement dans la base de profil contient les informations relatives à cet apprenant.
- Après chaque test il met à jour la base de profil par l'enregistrement de résultat de test.
- Il met à jour la base de contexte à chaque demande de l'agent de contexte lors d'un changement de contexte.

### d. Module de communication

Ce module permet à l'agent de communiquer avec les autres agents de système par l'envoi et la réception des messages depuis ou vers ces agents.

#### III.3.1.6. Agent d'adaptation

Puisque les apprenants ont des styles d'apprentissage différents et les dispositifs ont des caractéristiques différentes, il a été nécessaire de personnaliser le contenu d'apprentissage. Cette tâche est réalisée par l'agent d'adaptation, qui se compose de trois modules principaux, en plus des autres modules expliqués plus tard, ces trois modules sont Learning Style Adaptation Module et Learning Content Adaptation Module et learning adaptation module.

Cet agent est responsable de personnaliser le contenu d'apprentissage au style d'apprentissage et le profil de l'apprenant. Il s'effectue deux tâches principales ; l'adaptation de section de cours au style d'apprentissage de l'apprenant et l'adaptation de contenu de cours au caractéristiques de l'appareil mobile de l'apprenant. Ces deux tâches sont réalisées par les deux modules qui se coordonnent entre eux, Learning Style Adaptation Module et Learning Content Adaptation Module.

Le rôle principal de premier module est de gérer les unités d'apprentissage qui contiennent les cours et d'identifier celles appropriées en fonction de profil de l'apprenant

pour être filtrer plus tard par le deuxième module (Learning Content Adaptation Module) selon les caractéristiques de appareil mobile de l'apprenant. L'agent comprend des autres modules décrits dans la figure suivante qui illustre la structure de cet agent :

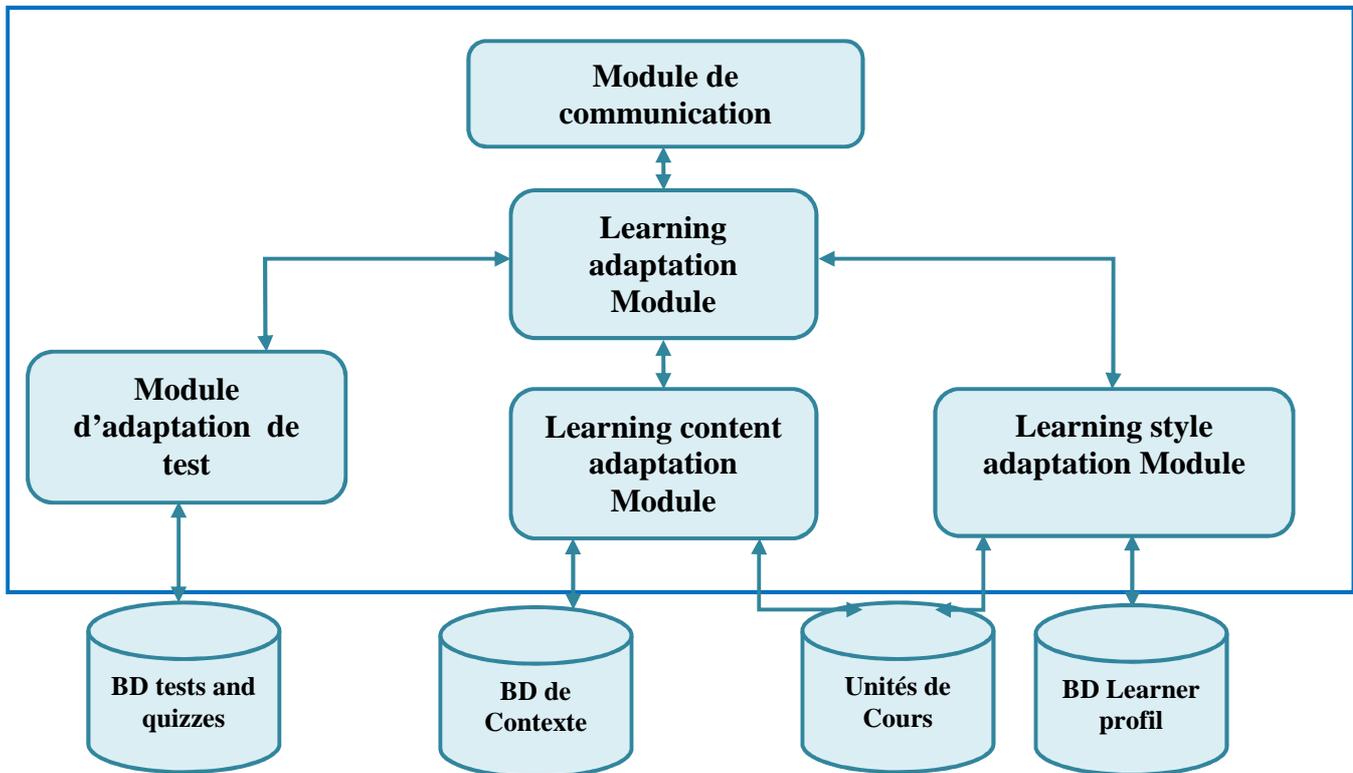


Figure III-8. Architecture de Adaptation Engine Agent

### a) Learning Style Adaptation Module

Le rôle principal de ce module est d'identifier les objets d'apprentissage appropriées en fonction de profil de l'apprenant pour être filtrer plus tard par le deuxième module (Learning Content Adaptation Module) selon les caractéristiques de l'appareil mobile de l'apprenant.

### b) Learning content adaptation Module

Ce module a le but de gérer les objets d'apprentissage de cours qui contiennent les différents formats de cours (texte, image, audio, etc) et d'identifier les cours approprié aux capacités de l'appareil mobile de l'apprenant trouvé dans la base de contexte qui contient le profil de l'appareil de l'apprenant.

### c) Learning Adaptation Module

C'est le Cœur de cet agent, il exécute la tâche la plus complexe dans le système, il fait la correspondance entre les résultats de module d'adaptation de contenu et le module d'adaptation de style d'apprentissage. Il reçoit la liste des cours appropriés au style d'apprentissage de l'apprenant et la liste des cours approprié aux caractéristiques de son appareil mobile, ensuite il fait la convergence entre ces deux listes et les réunifier en un seul liste qui elle est envoyée à l'agent tuteur pour qu'il l'affiche à l'apprenant.

### d) Module d'adaptation de tests

Ce module est responsable de la préparation des tests et il les envoie à l'agent Superviseur pour faire l'évaluation de l'apprenant selon leurs réponses. L'adaptation de test est liée au niveau de l'apprenant et au niveau de complexité de cours.

### e) Base de données test

Il contient tous les tests pour chaque cours, ainsi que les résultats des tests pour chaque apprenant. Les tests sont de type QCM (question aux choix multiples) qui permettent une correction automatique. Chaque test a un délai bien défini.

## III.4. Les diagrammes de séquence

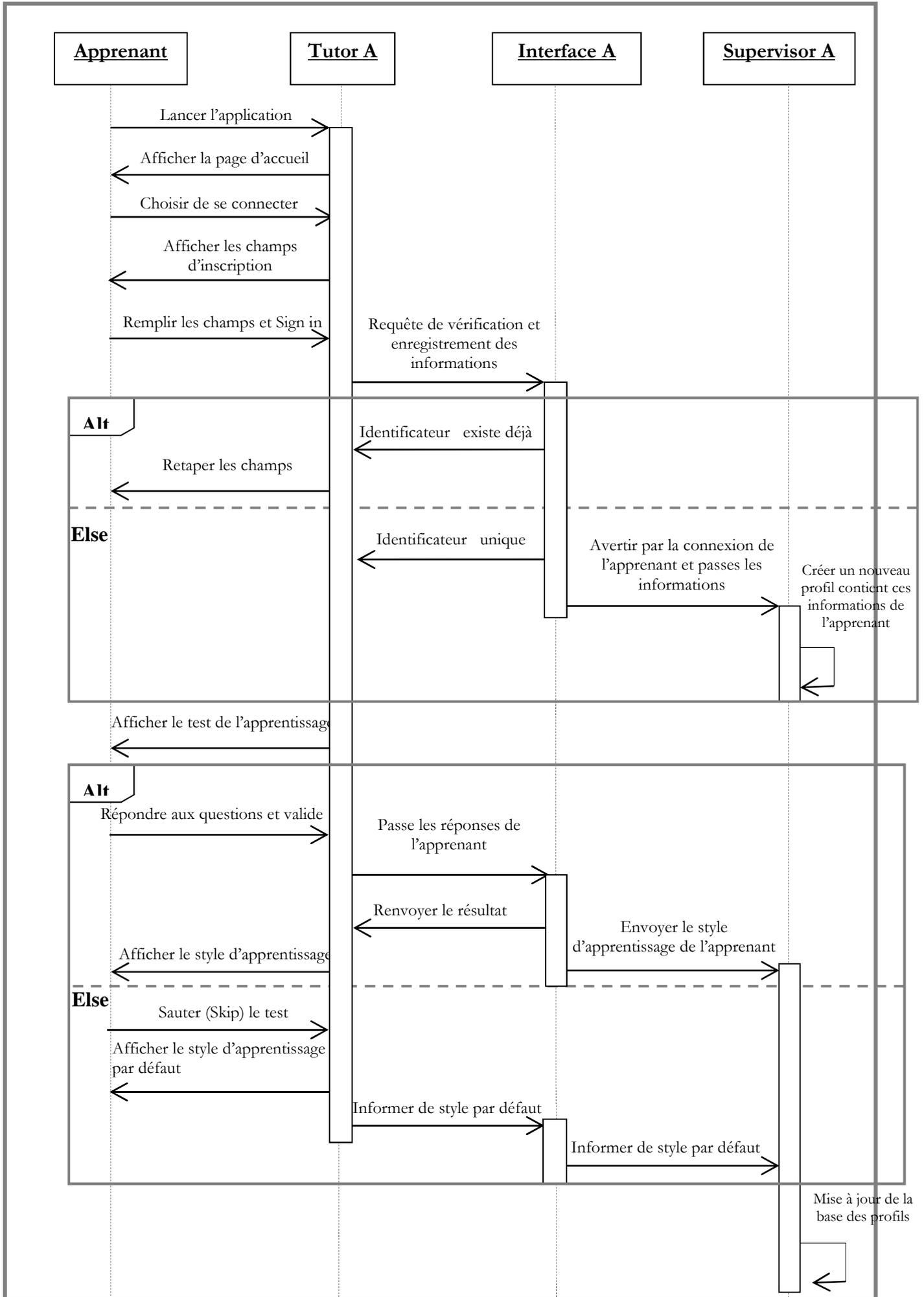
Pour présenter le fonctionnement de notre système et les différents scénarios nous avons utilisé le langage AUML pour modéliser les interactions entre les agents de notre système.

### III.4.1. Scénario 1 : Inscription d'un nouvel apprenant

- Premièrement l'apprenant doit lancer l'application depuis son appareil mobile.
- Le « Tutor Agent" affiche la page d'accueil et deux commandes « Sign in » pour l'inscription et « Log In » pour "se connecter". Si l'apprenant est nouveau donc il doit choisir de "s'inscrire",
- Le tutor agent affiche les champs de l'inscription (identificateur, mot de passe, numéro de téléphone, âge, email), alors il doit remplir tous les champs.
- Quand il appuie sur « Sign in » (s'inscrire), le Tutor Agent envoie une requête qui contient les informations inclut dans ces champs à l'Agent Interface.

- L'Agent Interface vérifie l'existence de l'identificateur dans la base de données de profils des apprenants, si c'est le cas il envoie une requête à l'agent tuteur qui affiche un message qui lui indique de le modifier, sinon il envoie à l'agent superviseur de créer un nouveau profil de cet apprenant.
- Puis l'agent tuteur affiche le test de style d'apprentissage à l'apprenant, ce dernier peut faire ou sauter ce test, dans le premier cas l'agent tuteur envoie les réponses de l'apprenant à l'agent interface qui extrait le style d'apprentissage à partir de ces réponses et renvoie le résultat à l'agent tuteur pour l'afficher à l'apprenant ensuite il informe l'agent superviseur de mettre à jour le profil de l'apprenant par l'enregistrement de son style d'apprentissage.
- Si l'apprenant choisit de sauter le test, alors l'agent tuteur lui donne automatiquement un style d'apprentissage par défaut et informe l'agent interface qui à son tour informe l'agent superviseur de mettre à jour le profil de l'apprenant par l'enregistrement de style d'apprentissage par défaut dans le profil de l'apprenant.

### Chapitre III : Modélisation de l'approche



### III.4.2. Scénario 2 : Connexion de l'apprenant au système

- Premièrement l'apprenant doit lancer l'application depuis son appareil mobile.
- Le " Tutor Agent" affiche la page d'accueil et deux commandes « Sign in » pour l'inscription et Log in » pour "se connecter". Si l'apprenant est ancien et déjà inscrit au système donc il doit choisir de "se connecter", alors il doit remplir les deux champs affichés par le Tutor agent ("Username" et "Password").
- Une fois l'apprenant entré son identificateur et son mot de passe et appuie sur "login" (connexion) le Tutor Agent envoie une requête qui contient les informations incluses dans ces deux champs à l'Agent Interface.
- L'Agent Interface vérifie l'existence de l'apprenant dans la base de données de profils des apprenants et la vérification de correspondance entre identificateur et mot de passe entrés par l'apprenant.
- Si l'apprenant n'existe pas dans la base de données de profils des apprenants (c'est-à-dire l'agent ne trouve ni l'identificateur, ni le mot de passe), alors il informe le tutor agent qui affiche un message à l'apprenant indiquant qu'il doit s'inscrire avant de se connecter au système.
- Si l'échec est au niveau de correspondance entre le l'identificateur et de mot de passe, alors un message est affiché par le tutor agent à l'apprenant indiquant le type d'échec (mot de passe incorrecte ou identificateur non existant).
- Si la vérification est faite avec succès, il informe le tutor agent pour ouvrir la session de l'apprenant.
- Le tutor agent charge le contexte de l'apprenant (le point d'arrêt et le profil de l'apprenant), il commence par le dernier page de cours visité par l'apprenant et il affiche les différentes fonctionnalités disponibles pour lui.
- L'agent interface avertit l'Agent Superviseur que cet apprenant est connecté.

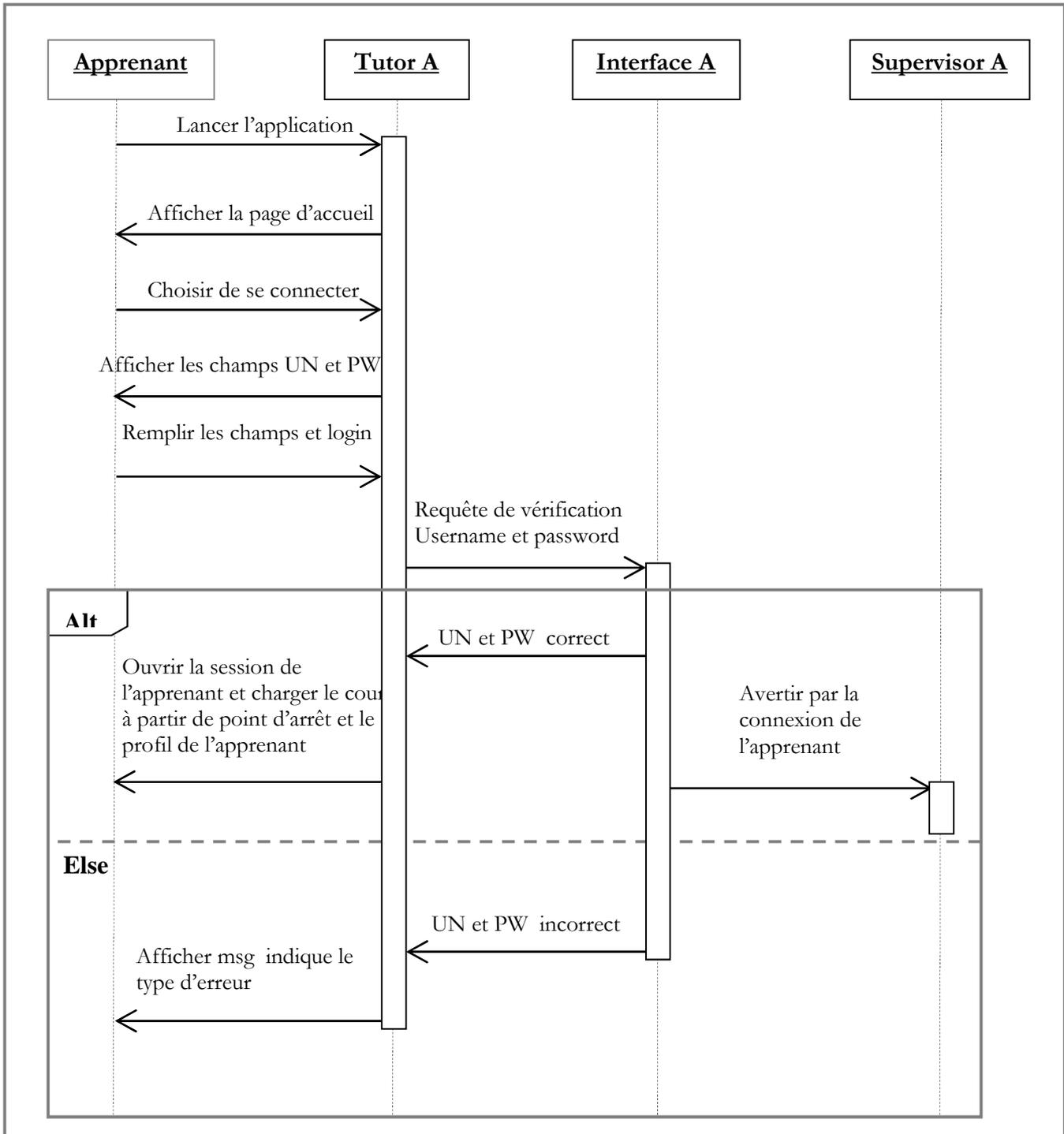


Figure III-10. Diagramme de séquence AUML de scénario 2

### III.4.3. Scénario 3 : lancement de cours

- Après la connexion de l'apprenant, l'agent tuteur mise à la disposition de l'apprenant de changer (mettre à jour) leur profil, ou de lancer le cours.
- L'apprenant appuie sur la commande « Start the Course » pour lancer la formation.
- L'agent Interface envoie la demande vers l'agent Superviseur qui la passe vers l'Agent d'adaptation de contenu (Content adaptation Agent).
- Le sensor agent recueille les informations du contexte actuel et les envoie à l'agent d'interface qui les passe à l'agent d'adaptation de contexte.
- L'agent d'Adaptation de Contexte organise les informations contextuelles puis il les enregistre dans la base de données du contexte de l'apprenant, ensuite il les envoie à l'agent superviseur.
- L'agent superviseur passe ces règles à l'agent d'adaptation de contenu.
- L'agent d'adaptation de contenu choisi la section de cours selon le niveau de difficulté, le profil et le style de l'apprenant, en suivant les règles (les contraintes) définit par l'agent d'adaptation de contexte.
- Puis il envoie la section de cours adapté à l'agent superviseur qui le passe à l'agent interface.
- L'agent interface décompose cette section en des unités et les envoie, une par une, à l'agent tuteur qui l'affiche d'une manière adaptable à l'apprenant par la coordination avec le sensor agent.
- Chaque fois que l'apprenant termine une unité, il envoie une demande à l'agent tuteur qui la passe à l'agent interface qui envoie l'unité suivante, jusqu'à que l'apprenant termine la section de cours.
- Si l'apprenant déconnecte de système, à un moment donné, le sensor agent va sauvegarder son contexte (le temps de déconnexion, le contexte de l'apprenant), et l'agent tuteur va sauvegarder le point d'arrêt de l'apprenant.
- Une fois l'apprenant reconnecte au système le sensor agent envoie le contexte actuel de l'apprenant à l'agent interface avec son dernier point d'arrêt, et le même scénario se répète.

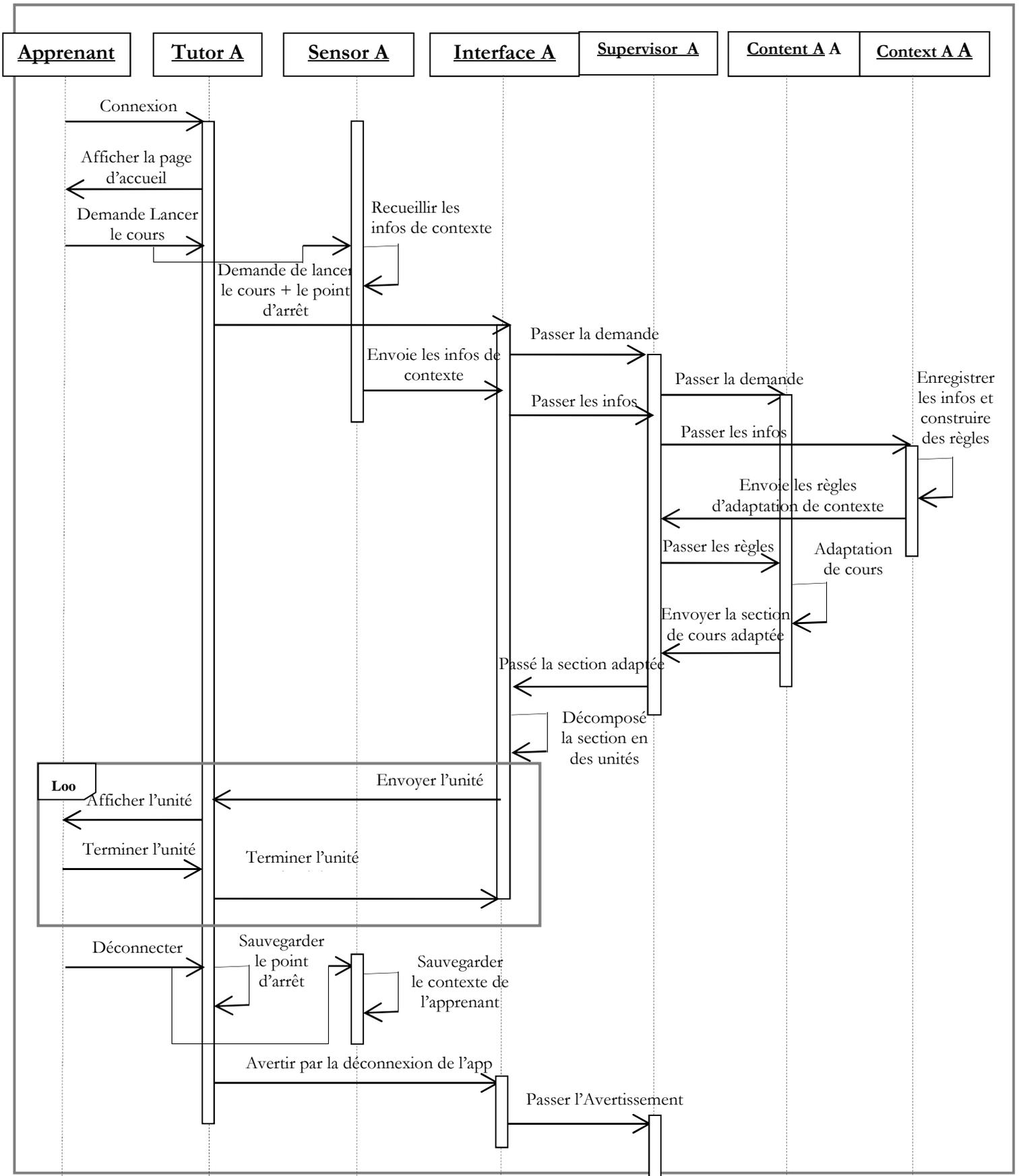


Figure III-11. Diagramme de séquence AUML de scénario 3

### III.4.4. Scénario 4 : évaluation de l'apprenant

- L'agent tuteur passe la demande vers l'agent interface qui la passe à l'agent superviseur. L'agent superviseur passe la demande à l'agent d'adaptation de contenu qui prépare un test sur cette section adapté au niveau et au profil de l'apprenant.
- Le test est un ensemble de questions QCM sur les connaissances acquises dans cette section de cours, ce test est adapté en fonction de niveau, style et profil de l'apprenant.
- L'agent d'adaptation de contenu envoie le test à l'agent superviseur qui le passe à l'agent interface.
- L'agent interface envoie ce test à l'agent tuteur qui l'affiche à l'apprenant.
- Pendant le test, le sensor agent surveille le comportement de l'apprenant (le temps coulé de test, le nombre de changement de réponses).
- Quand l'apprenant termine le test il appuie sur la commande « valide » pour valider les réponses.
- L'agent tuteur envoie les réponses vers l'agent interface qui les passe à l'agent superviseur, ce dernier corrige les réponses et calcule le résultat, puis il les envoie à l'agent interface.
- L'agent interface envoie les résultats et le corrigé à l'agent tuteur qui les affiche à l'apprenant. Selon ces résultats l'agent superviseur se réagit, si le résultat  $\geq 10$ , l'apprenant est réussi dans ce test, donc l'agent superviseur envoie une demande à l'agent d'adaptation de contenu pour préparer la section suivante adaptée au style, profile, contexte de l'apprenant.
- Si le résultat  $< 10$ , l'apprenant est échoué dans le test, donc l'agent superviseur envoie une demande à l'agent d'adaptation de contenu pour ajouter de détails et des explications à la section, ensuite l'agent d'adaptation de contenu envoie la section à l'agent superviseur qui la passe à l'agent interface qui l'envoie à l'agent tuteur qui l'affiche à l'apprenant.

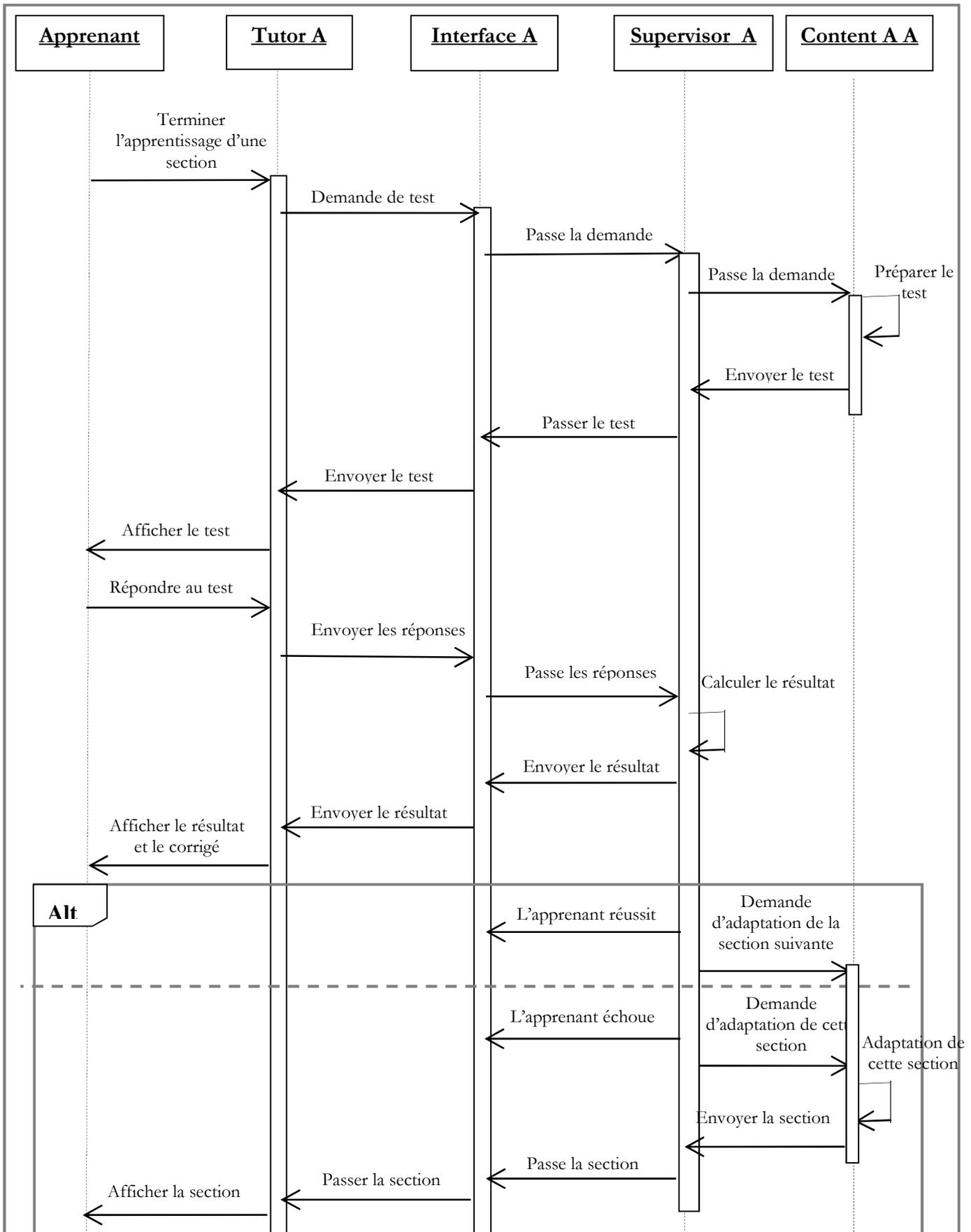


Figure III-12. Diagramme de séquence AUMML de scénario 4

### III.5. Profil de l'apprenant

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.

Le système d'apprentissage adaptatif est censé d'appliquer un mécanisme pour sélectionner le type de ressource approprié à l'apprenant. Donc, il n'est pas nécessaire de garder l'information tout au sujet des ressources d'apprentissage. Les champs suivants sont suffisants pour stocker les informations de l'apprenant :

- l'identité de l'apprenant,
- le style d'apprentissage,
- l'identité du contenu
- l'identité de l'élément de contenu
- le type de l'élément de contenu (un ou plusieurs des 17 types de contenu)
- les résultats des tests
- date de dernière modification

### III.6. Profil du cours

Similaire au profil de l'apprenant, nous construisons un profil du contenu des cours, qu'il comprend les champs suivants:

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

Dans notre travail, nous avons utilisé 17 types de contenu :

Audio, Concept, Donnée, Définition, Diagramme, Exemple, Exercice, Image, Index, Principe, Question, HyperText, Programme, Tableau, Texte, Théorie, Vidéo. Selon le profil de l'apprenant, nous essayons de trouver le contenu approprié d'utiliser ces types de contenu.

Style de l'apprenant	Type de ressources
Sensoriel	Donnée, définition, concept.
Intuitive	théorie, principe.
Visuel	Image, diagramme, vidéo, table.
Verbal	Audio, texte.
Active	Exemple, exercice.
Réflexif	Question.
Séquentiel	Hypertexte.
Global	programme, index.

**Tableau III-3.** Les styles d'apprentissage et les types de ressource d'apprentissage appropriés

Le cours est structuré comme un arbre (voir la figure III.13), il est organisé en termes de sections, unités, pages qui contiennent un ensemble des liens hypertextes vers les unités de cours. Nous avons choisi le format XML pour décrire ces unités, voir l'exemple d'une unité de cours :

```
<Unit_1 Title="Definition">
  <description>This unit will explain you ubiquitous learning and concepts related to it
  </description>
  <contenu>
    <Text>Any learning that happens when the learner is not in a fixed, predetermined
    location, or learning that happens when the learner takes advantage of the learning
    opportunities offered by mobile technologies.</Text>
    <Image>mmm.png</Image>
    <Audio>audio7.mp3</Audio>
  </contenu>
</Unit_1>
```

**Figure III.13** exemple d'une unité de cours

L'adaptabilité est menée aux niveaux des liens dans les pages qui doivent être personnalisés et adaptés au style d'apprentissage et aux préférences de l'apprenant.

Ainsi qu'une fois que l'apprenant va plus loin dans l'arborescence le niveau de détail sera grandi avec la complexité des informations.

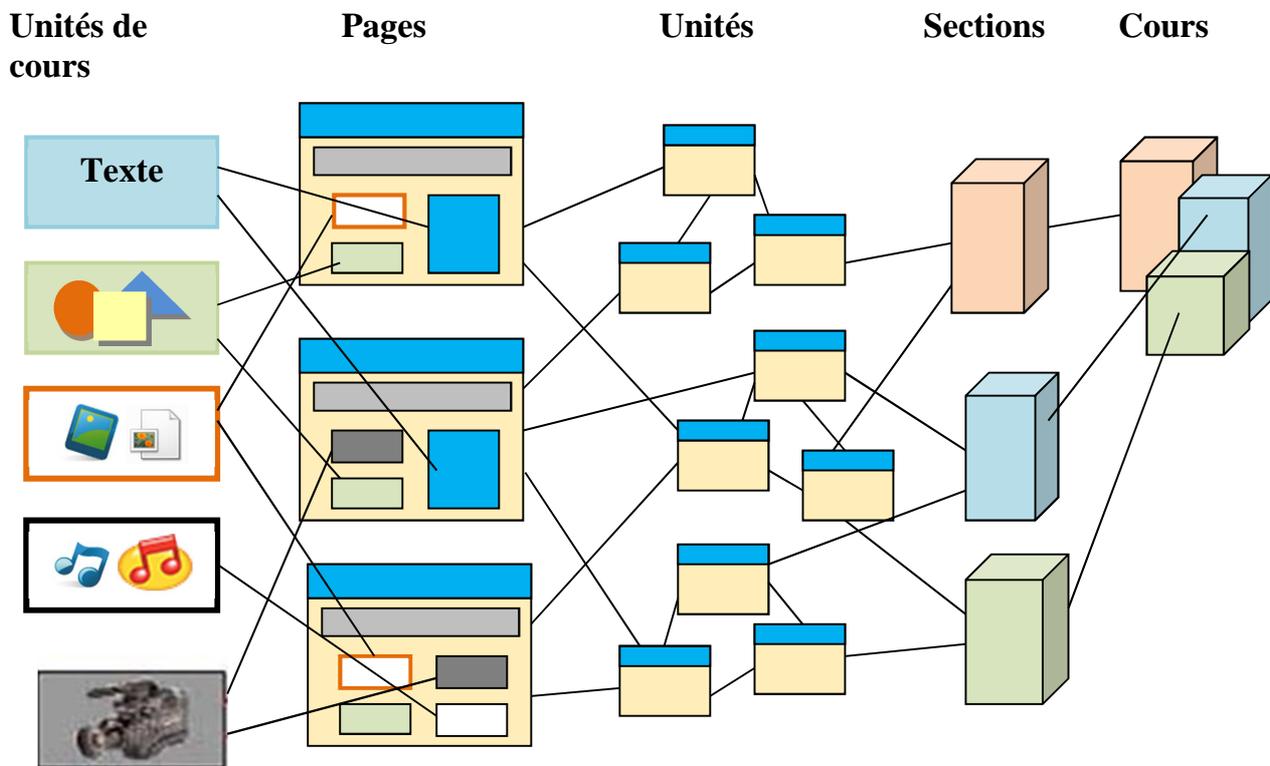


Figure III-14. Décomposition d'un cours

### III.7. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons proposé une nouvelle approche pour l'apprentissage mobile en utilisant la technologie d'agents mobiles, qui a été considéré comme une solution prometteuse dans les systèmes d'apprentissage mobile, parce qu'ils adaptent leur comportement à l'état dynamique de l'environnement d'apprentissage mobile.

Dans le chapitre suivant, nous allons présenter la démarche suivie pour développer un outil implémentant de telle approche.

## Chapitre IV

# Implémentation

# Chapitre IV

# Implémentation

## IV.1. Introduction

Dans le chapitre précédent, nous avons présenté une approche à base d'agent pour l'apprentissage mobile. Nous avons utilisé des agents stationnaires afin de profiter les points forts de ce paradigme tels que : autonomie, réactivité, et sociale. L'autre côté, nous devons réduire les problèmes de réseaux sans fil par l'utilisation des agents mobiles à travers les connexions sans fil aux appareils mobiles. Nous avons opté pour JADE (Java Agent Development Framework) dans notre choix de la plateforme d'agents. Ce choix est justifié par le fait que JADE est une plate-forme multi-agents développée en Java, dotée d'une interface graphique et peut être répartie sur plusieurs serveurs. En plus de la disponibilité d'une extension de cette plateforme pour les agents mobiles, il s'agit de la plateforme JadeLEAP (Lightweight and Extensible Agent Platform). Pour réaliser et valider nos propositions, nous avons développé un prototype basé sur les principes de notre approche, en utilisant les deux plateformes mentionné ci-dessus, en plus d'une interface interactif qui affiche tous ce qui est dessiné aux apprenants (page d'accueil, cours, tests et réponses ... etc.) fourni par une application J2ME installé dans l'appareil mobile de l'apprenant.

Dans ce chapitre nous allons montrer ce prototype implémentant notre architecture. Tout d'abord, nous commençons par une brève présentation de l'environnement de développement, puis nous présentons les interfaces de notre application.

## IV.2. Environnement de développement

Dans cette section nous allons présenter l'environnement de développement de notre prototype, nous allons donner une brève présentation de la plateforme Jade et jade-LEAP et de j2me.

### IV.2.1. Plateforme JADE

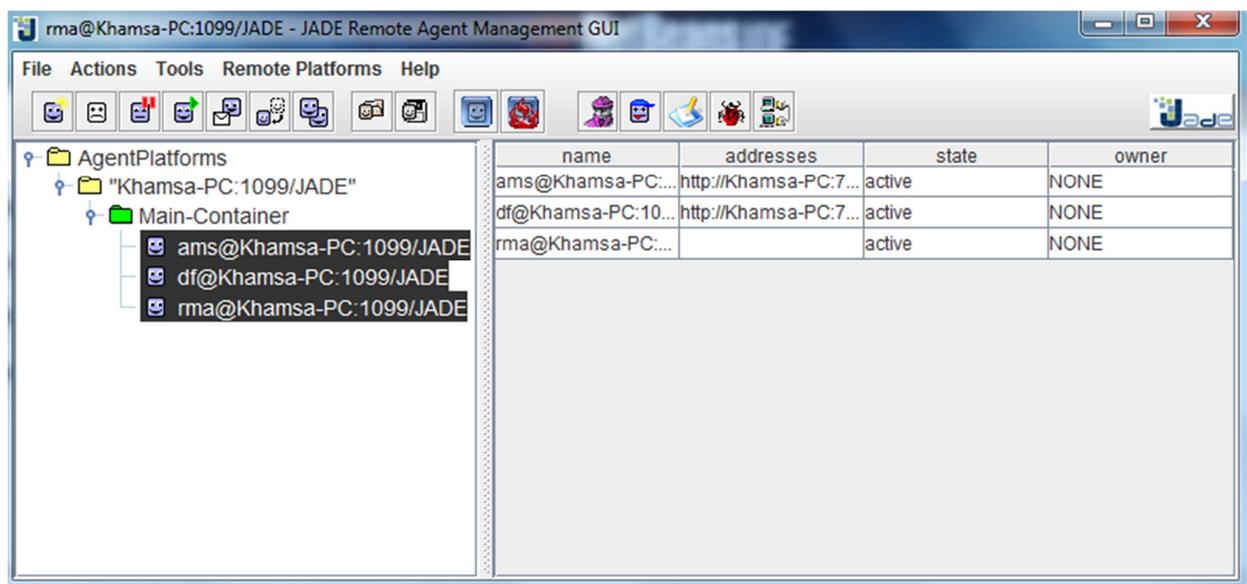
JADE (*Java Agent DEvelopment Framework*) [93] est un « *framework* » développé en JAVA. Il est open-source et distribué par Telecom Italia sous la licence LGPL (*Lesser General*

## Chapitre IV : Implémentation

*Public License Version 2*). Son but est de permettre le développement de système multi-agents en mettant à disposition un middleware et plusieurs outils graphiques.

Pour suivre les spécifications FIPA, JADE offre : un AMS (*Agent Management System*) avec un registre automatique des agents, un DF (*Directory Facilitator*) et un ACC (*Agent Communication Channel*).

JADE offre des outils graphiques pour la gestion des agents : *Dummy Agent* pour envoyer et recevoir des messages ACL (« *Agent Communication Language* ») et le *Sniffer Agent* pour contrôler les communications entre plusieurs agents.



**Figure IV-1.** Interface graphique de la plate-forme JADE.

JADE est un outil pour développer des systèmes multi-agent. Il contient :

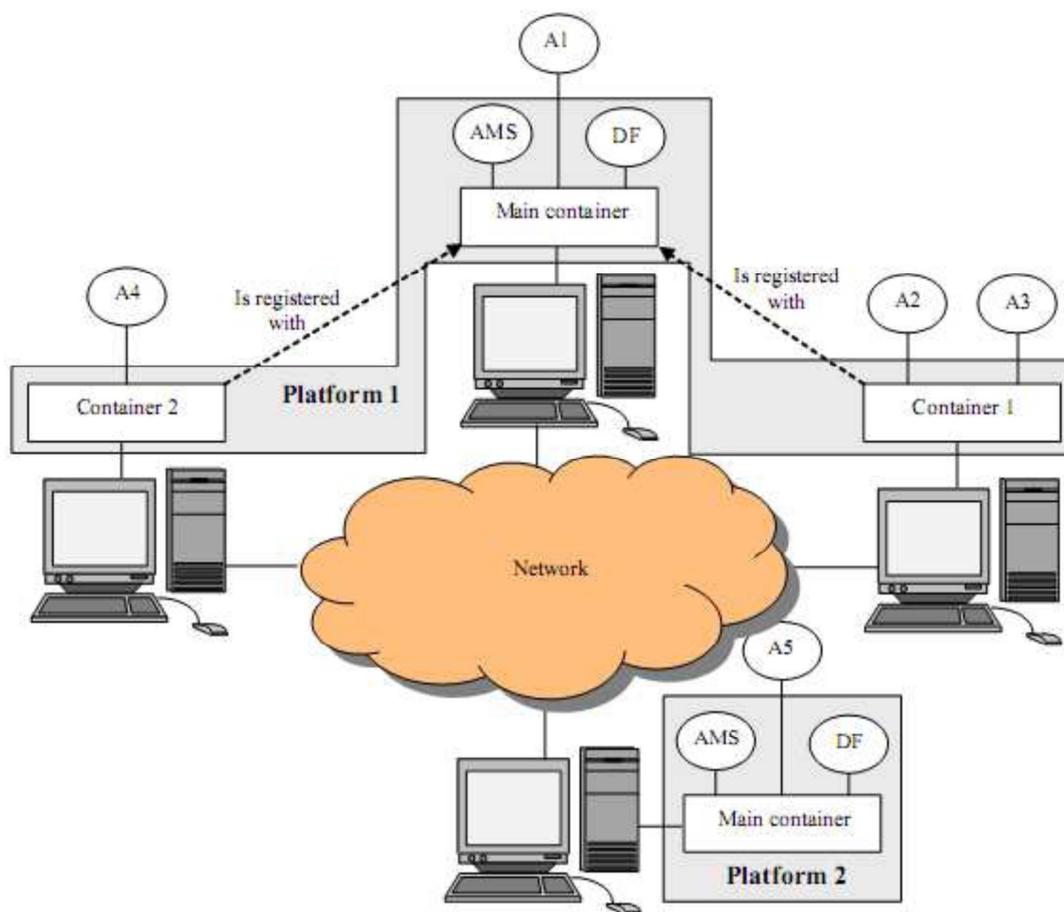
- Un environnement sur lequel les agents de JADE vivent activement sur un hôte particulier.
- Une bibliothèque des classes qu'on peut utiliser pour développer de nouveaux agents.
- Une chaîne d'outils graphiques qui permettent de gérer les agents en temps marché

JADE a des termes importants (figure 4-2.):

- Container : un environnement de JADE sur une machine hôte. Les agents vivent sur Container. Il y a un Container qui s'appelle Main Container qui gère les autres Container dans un système.

## Chapitre IV : Implémentation

- Platform : un ensemble de containers dans un même système. Dans une plateforme, il n'y a qu'un seul Main Container.
- AMS (Agent Management System) : c'est un agent au niveau du système qui fournit le service nommé.
- DF (Directory Facilitator) : c'est un autre agent au niveau du système qui aide les agents à chercher leurs partenaires.
- Les agents : ce sont des agents développés par les développeurs. Ils sont placés dans les Containers.



**Figure IV-2.** Plateformes et Container de JADE

Ses composants sont un environnement d'exécution des agents, une bibliothèque de classes pour développer les agents, et des outils graphiques pour contrôler et gérer l'exécution des agents.

Ses paquets sont [70] :

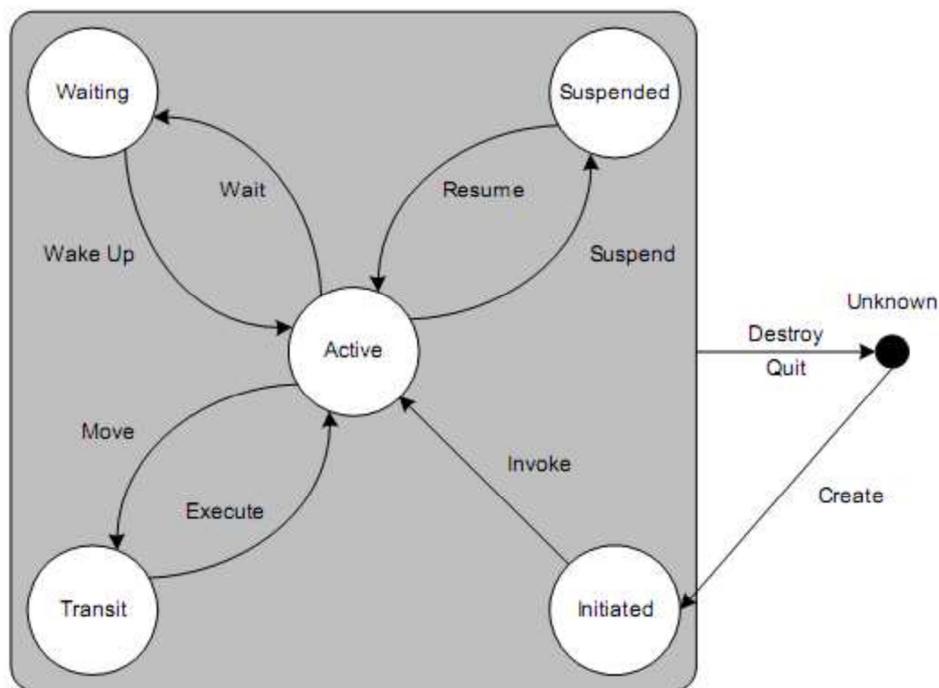
- *Jade.core* : c'est le noyau du système. Il possède la classe « *Agent* » permettant de définir les tâches et le comportement des agents ;
- *Jade.lang.acl* : cet ensemble de classes permet d'utiliser *ACL* comme mécanisme de communication d'agents. Chaque message *ACL* est encapsulé comme un objet *JAVA* (*String*) ;
- *Jade Content* : c'est un ensemble de classes utiles à la définition d'ontologies par l'utilisateur. Il utilise *JESS* pour définir la connaissance de l'agent ;
- *Jade.domain* : cet ensemble de classes supporte les mécanismes de « *l'Agent Management System* » et du « *Directory Facilitator* » pour la gestion du cycle de vie des agents, des services de pages jaunes et blanches, et la définition des concepts liés aux ontologies ;
- *Jade.gui* : des classes liées à la conception et la gestion d'interfaces graphiques ;
- *Jade.mtp* : il fournit une interface qui doit être implémentée par l'application selon le *Message Transport Protocol* choisi. Cette interface est utilisée pour l'envoi et la réception de messages, et pour la connexion avec différentes plates-formes ;
- *Jade.proto* : des classes permettant la définition des protocoles d'interaction standard de la spécification *FIPA* comme *fipa-request*, *fipa-query*, *fipa-contract-net*, *etc.* ;
- *Jade.wrapper* : *JADE* s'utilise comme une bibliothèque qui permet aux applications de définir leurs agents et les conteneurs de ces agents.

### IV.2.1.1. Les agents dans JADE

JADE est une plate-forme répartie d'agents. Elle peut diviser l'agent en plusieurs serveurs (sans « *firewalls* » entre eux). Chaque serveur exécute la JVM et l'application basée sur des agents (implémentés comme « *threads* » et avec un *GUID – Globally Unique Identifier*).

Généralement, un agent dans JADE possède 6 états [93] (figure 4-3.) :

- Initial (initiated) : l'objet agent est né, mais il n'est pas encore inscrit chez l'agent AMS. Il n'a pas encore de nom et d'adresse. Il ne peut pas encore communiquer avec les autres.
- Actif (active) : l'objet agent est activé. Il est inscrit chez l'agent AMS. Il a son propre nom et son adresse.
- Suspendu (suspended) : l'objet agent est arrêté. Ses comportements ne sont plus réalisés.
- En-attente (waiting) : l'objet agent est bloqué pour attendre quelque chose.
- Inconnu (unknown) : l'objet agent est définitivement supprimé. Il n'existe plus dans le système.
- Transfert (transit) : un agent mobile se déplace à la nouvelle place.



**Figure IV-3.** Le cycle de vie d'un de JADE

### IV.2.1.2. La création d'un agent

La création de l'agent JADE est faite à l'aide de la classe `jade.core.Agent` et l'implémentation de la méthode `setup()`.

```
import jade.core.Agent;
public class Apprenant extends Agent {
```

```
protected void setup() {  
    //l'initialisation et le comportement lorsque l'agent est lancé  
} }
```

La méthode `setup()` est l'initialisation de l'agent et le comportement qui est fait par cet agent après sa création.

La méthode `dodelete()` doit être appelé à la fin de l'exécution de l'agent, cette méthode indique la terminaison de cet agent. La méthode `takeDown()` est appelé juste après la terminaison de l'agent pour la suppression des instances et les variables et les méthodes de l'agent.

### IV.2.1.3. Identificateur

Chaque agent a son identificateur qui représente l'instance de la classe `jade.core.AID`. La méthode `getAID()` de la classe `agent` permet l'obtention de l'identificateur d'un agent quelconque. La forme de l'identificateur d'un agent est `<nickname>@<platform-name>` où `nickname` est le nom de l'agent et `platform-name` est le nom de la plateforme qui contient cet agent.

```
AID id = new AID(nom, AID.ISLOCALNAME);
```

Lorsqu'on utilise la constante `ISLOCALNAME`, alors on veut avoir le premier nom dans l'identificateur c'est à dire `nickname` seulement.

### IV.2.1.4. Comportement d'un agent

L'agent peut exécuter plusieurs comportements concurrents, mais dans JADE l'exécution n'est pas préemptive comme celle de `thread` de JAVA mais Coopérative c'est à dire lorsqu'un comportement commence, donc il s'exécute jusqu'à la fin de sa exécution.

Les méthodes de l'agent sont exécutées dans "Comportements = behaviours". Un comportement représente la tâche qu'un agent doit faire et il est un objet d'une classe qui hérite `jade.core.behaviours.Behaviour`. Pour permettre à l'agent d'exécuter un comportement (`behaviour`) il est nécessaire d'appeler la méthode `addbehaviour()` de la classe `agent`. On peut ajouter le comportement `behaviour` à l'agent dans n'importe où dans la méthode `setup()` qui lance l'agent.

Chaque classe héritant de la classe `behaviour` doit implémente la méthode `action()` c'est à dire chaque comportement doit avoir la méthode `action()`. Cette

méthode indique les opérations faites par l'agent lorsque le comportement *behaviour* est exécuté. La méthode *done()* retourne une valeur booléenne qui indique la fin du comportement *behaviour* ou la continuation de l'exécution du comportement.

```
public class LireCours extends Behaviour {
    public void action() {
        while (true) {
            // Comportement
        }
    }
    public boolean done() {
        return true;
    }
}
```

Une association entre la plate-forme *JADE* et les bibliothèques *LEAP* existe. Cette association permet l'utilisation de *JADE-LEAP* et la compatibilité avec les environnements *JAVA* pour des *DM* (J2ME-CLDC MIDP).

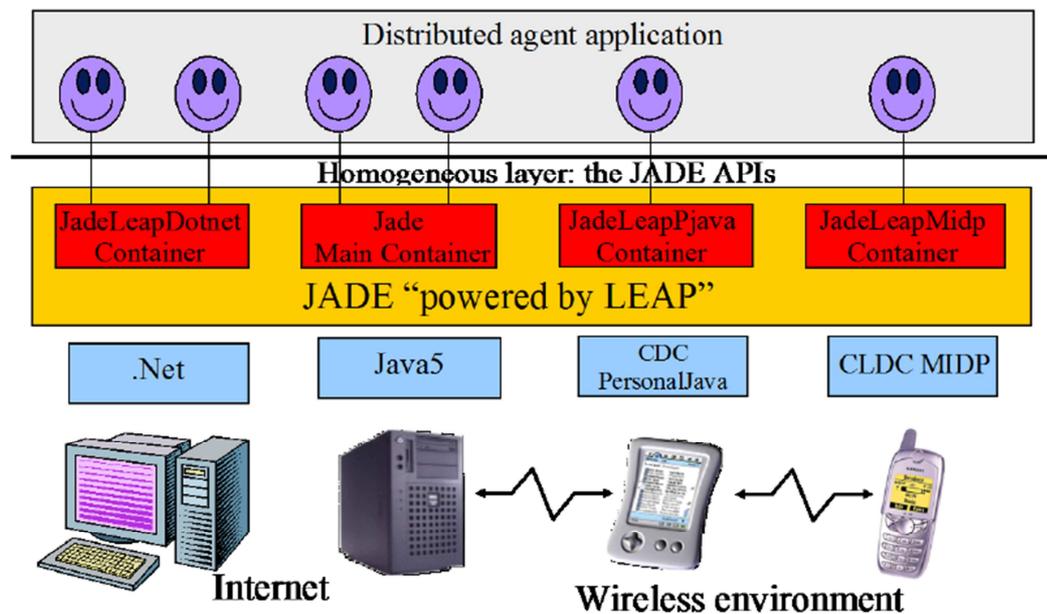
### IV.2.2. Plateforme Jade-LEAP

Nous avons utilisé la plateforme *JADE-LEAP* (Lightweight and Extensible Agent Platform) qui est une extension de la plate-forme *JADE* qui peut être déployé non seulement sur des PC et des serveurs, mais aussi sur des appareils possédant des ressources limités telles que les téléphones mobiles compatibles Java. Afin d'atteindre cet objectif, *JADE-LEAP* peut être façonné de différentes manières correspondant aux deux configurations de Java Micro Edition et Android Dalvik Java Virtual Machine:

[70]

- *Pjava*: pour exécuter *JADE-LEAP* sur des appareils portables supporter J2ME CDC ou PersonalJava tels que les PDAs.
- *Midp*: pour exécuter *JADE-LEAP* sur des appareils portables supporter MIDP uniquement, tels que les téléphones Java enabled.
- *Android*: pour exécuter *JADE-LEAP* sur des dispositifs supporter Android.
- *Dotnet*: pour exécuter *JADE-LEAP* sur des PCs et des serveurs dans le réseau fixe fonctionnant sous Microsoft .NET Framework.

Ces versions fournissent les mêmes API pour les développeurs offrant ainsi une couche homogène sur une diversité de dispositifs et les types de réseaux, excepte la version MIDP, qui a certaines caractéristiques qui n'est pas pris en charge par rapport aux autres versions de *jade-LEAP*. [70]



**Figure IV-4.** L'environnement d'exécution de JADE-LEAP [84]

Il y a plusieurs plates-formes multi-agents pour les appareils mobiles tels que Le MobiAgent [94], AgentLight [95], plateforme d'agent MicroFIPA-OS [96], et le jade-LEAP [70] Nous avons choisi la plate-forme jade-LEAP pour de nombreuses raisons telles que: [70]

- Extension de JADE, qui écrit en Java, et ont des caractéristiques telles que la possibilité d'exécuter plusieurs tâches simultanées (comportements) dans un seul thread Java, correspond bien aux contraintes imposées par les dispositifs ayant des ressources limitées. [97]
- Supporte une variété de périphériques tels que Java MIDP téléphones, PDA,
- La plus petite plate-forme disponible en termes de taille de l'encombrement.
- Développé au sein du projet LEAP.
- Open-source.

### IV.2.2.1. LEAP IMTP

Bien que JADE et JADE-LEAP soient presque identiques à partir d'un point de vue externe, ils sont tout à fait différents à l'intérieur. Un changement important est que l'IMTP. Le IMTP JADE normale est basée sur Java RMI et ce n'est pas adapté

pour les appareils mobiles. JADE-LEAP utilise donc un IMTP alternative basée sur un protocole propriétaire appelé JICP (Jade Inter Container Protocole).

Le LEAP IMTP est composé d'un soi-disant «Command Dispatcher» et un ou plusieurs pairs de communication internes (PIC), qu'il est responsable de l'envoi et la réception de commandes en série sur le réseau en utilisant un protocole donné. Figure 4.5 illustre les principales composantes de l'IMTP LEAP.

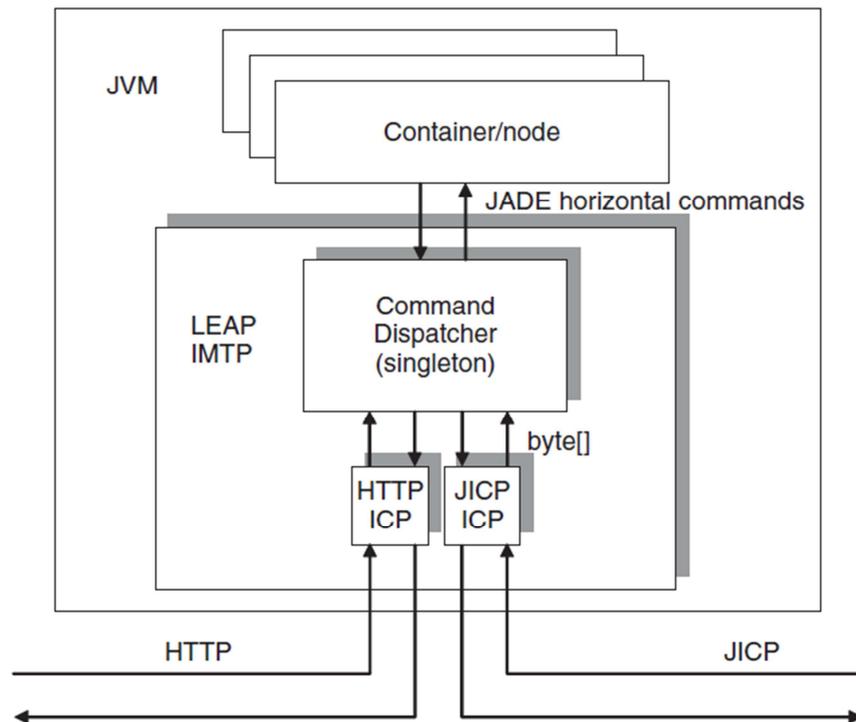


Figure IV-5. LEAP IMTP

### IV.2.2.2. Le mode d'exécution Split

L'environnement d'exécution JADE peut être exécuté dans deux modes différents. Le mode d'exécution normale "*Stand-alone*", où un conteneur complet est exécuté sur le host où l'exécution JADE est activé.

Le mode d'exécution "*Split*" où le conteneur est divisé en un *FrontEnd* (exécuter sur le périphérique hôte où le JADE runtime est activée) et un *BackEnd* (exécuter sur un serveur distant) reliés entre eux par l'intermédiaire d'une connexion permanente.

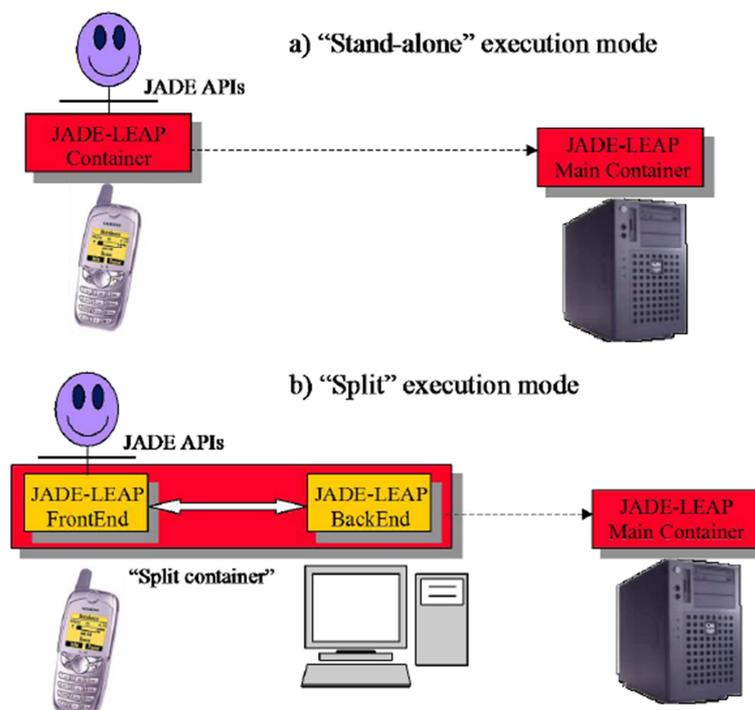
Le tableau suivant résume la façon dont les deux modes d'exécution sont prises en charge dans les différents environnements ciblés par JADE-LEAP.

	.NET	pjava	midp	Android
Stand-alone	Suggéré	Supporté	Non Supporter	Supporté
Split	Supporté	Suggéré	Obligatoire	Supporté

**Tableau IV-1.** Prise en charge des modes d'exécution dans JADE-LEAP.

Le mode d'exécution « *split* » simule une *architecture P2P hybride* avec les avantages suivants : connaissance des agents actifs, de leurs services et de leurs capacités; moins de trafic sur le réseau, un mécanisme de registre (souscription) et d'authentification permettant à un agent de reconnaître tous ses pairs. Il est particulièrement adapté pour les appareils à ressources limitées et sans fil parce que:

- Le *FrontEnd* est plus léger que d'un conteneur complet.
- La phase de démarrage est beaucoup plus rapide car toutes les communications avec le conteneur principal accomplissent par le *BackEnd*, et par conséquent, ils ne sont pas effectués au cours de la liaison sans fil.
- L'utilisation de la liaison sans fil est optimisée.



**Figure IV-6.** Les modes d'exécution dans JADE LEAP

### IV.2.3. Communication inter-agent

Les communications entre les agents de système s'effectuent par envois de messages. Dans notre système on a deux types de communication entre les agents ; la première est la communication entre les agents localisé dans la même machine (communication entre les agents stationnaires dans le serveur et entre les agents mobiles (sensor, tutor) à l'intérieur de l'appareil mobile), cette communication décrit par le langage de communication FIPA-ACL (Agent Communication Language) qui a été spécifié par la FIPA (Foundation for Intelligent Physical Agents), ces spécifications traitent les messages d'ACL, les protocoles d'échange de message, etc.

La communication s'effectue par l'envoi des messages asynchrones, à cet effet chaque agent possède une boîte aux lettres pour la réception des messages. Chaque message inclus les champs suivants : [69]

- Expéditeur de message,
- La liste de récepteurs de message,
- L'acte communicatif ; qui indique l'action désiré de l'agent par l'envoi de cette message (REQUEST, INFORM, PROPOSE, etc),
- Le contenu de message,
- Le langage de contenu,
- L'ontologie.

Le deuxième est la communication est une communication sans fil entre les agents mobiles dans les appareils mobiles et l'agent interface dans le serveur, cette communication s'effectue par le protocole http qu'on va l'expliquer dans le chapitre suivant.

### IV.2.4. Application J2ME

Java 2 Micro Edition est, à l'époque, devient rapidement un standard de facto pour développer les applications mobiles basées sur le client [70]. Cet application est déployée et exécuter dans l'appareil mobile de apprenant tels que Java-enabled téléphone mobile, PDA, Smart phone, etc. Après que l'apprenant télécharger le fichier jar, il pourrait installer l'application sur son appareil. L'application mène une interface simple, utilisable, appropriés et adaptable aux capacités d'affichage de l'écran. L'accès à cet interface met à la disposition de l'apprenant le matériel d'apprentissage, et de bénéficier des services offerts par le système,

et d'interagir avec le système. Alors il agit comme un médiateur entre le système d'apprentissage et l'apprenant.

### IV.3. Présentation de prototype

Pour réaliser et valider nos propositions un prototype est développé, destiné aux étudiants de la communauté universitaire. Dans cette section, nous illustrons certaines interfaces de l'application que nous avons développée. Cette application est une implémentation de la proposition énoncée dans le chapitre précédent.

Les figures suivantes montrent diverses interfaces du dispositif mobile correspondant aux scénarios décrits dans le chapitre précédent : authentification, inscription, lancement de cours, et évaluation.

En commençant par la fenêtre d'accueil de notre application illustrée dans la figure suivante :



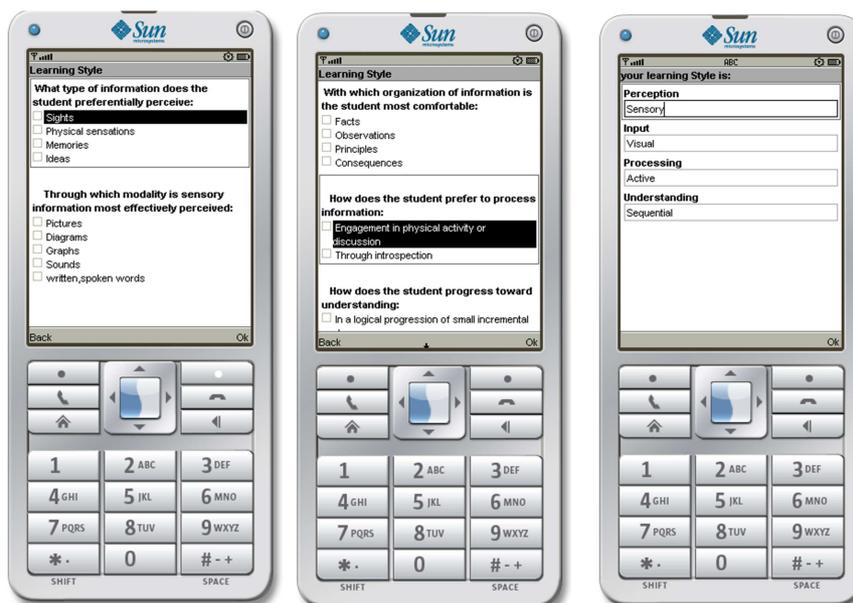
**Figure IV-7.** La fenêtre d'accueil de l'application

Quand l'apprenant lance l'application depuis son appareil mobile la page d'accueil est affichée, et deux commandes « Sign in » pour l'inscription et « Login » pour "se connecter". Si l'apprenant est nouveau donc il doit choisir de "s'inscrire", donc les champs de l'inscription (identificateur, mot de passe, numéro de téléphone, âge, email), alors il doit remplir tous les champs, et la fenêtre de l'inscription est affichée comme montre la figure suivante :



**Figure IV-8.** La fenêtre de l'inscription de l'apprenant

Ensuite l'apprenant doit faire le test de style d'apprentissage (le questionnaire ILS), ou il peut sauter ce test, dans ce cas le système lui donne automatiquement un style d'apprentissage par défaut, les fenêtres de style d'apprentissage :



**Figure 4-9.** Les fenêtres questionnaire ILS

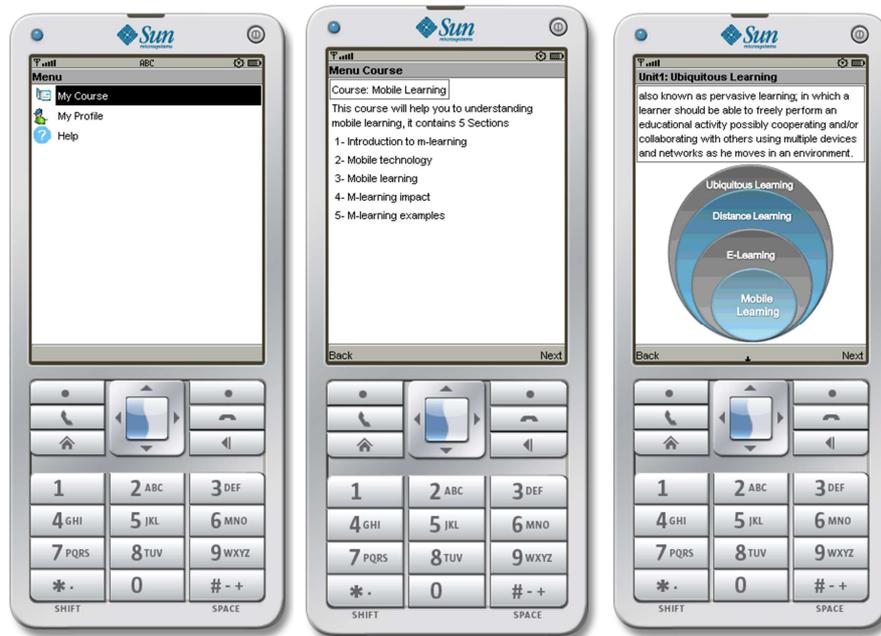
Si l'apprenant est déjà inscrit au système donc il doit choisir de "se connecter", alors il doit remplir les deux champs affichés par le Tutor agent ("Username" et "Password").



**Figure IV-10.** La fenêtre de la connexion de l'apprenant

Le système vérifie l'existence de l'apprenant dans la base de données de profils des apprenants et la vérification de correspondance entre identificateur et mot de passe entrés par l'apprenant. Si l'apprenant n'existe pas dans la base de données de profils des apprenants (c'est-à-dire l'agent ne trouve ni l'identificateur, ni le mot de passe), alors un message est affichée à l'apprenant indique qu'il doit inscrire avant de se connecter au système. Si l'échec est au niveau de correspondance entre le l'identificateur et de mot de passe, alors un message est affiché à l'apprenant indiquant le type d'échec (mot de passe incorrecte ou identificateur non existant).

Si les informations entrées par l'apprenant est correctes, alors une fenêtre est affiché à l'apprenant et elle mettre à leur disposition de changer les informations de son profil, d'accéder à la page d'aide pour lire le guide de l'utilisation de cet application, ou bien de lancer le cours, les figures suivant montre un exemple de cours.



**Figure IV-11.** Les fenêtres de lancement de cours

Dans le processus de lancement de cours on a besoin d'adapter les contenus d'apprentissage en fonction des préférences de l'apprenant, nous avons utilisé le questionnaire ILS. Cette adaptabilité est menée par la capacité du système à fournir du contenu dans différents formats : une préférence forte peut très bien convenir à certains formats de cours ou pour certaines tâches dans des contextes donnés. Par exemple, pour les apprenants visuels, le système doit afficher des éléments graphiques plutôt que des données textuelles en fonction de l'échelle d'ILS (fort, moyen, faible). Les figures suivantes montrent l'adaptabilité de cours au format multimedia.

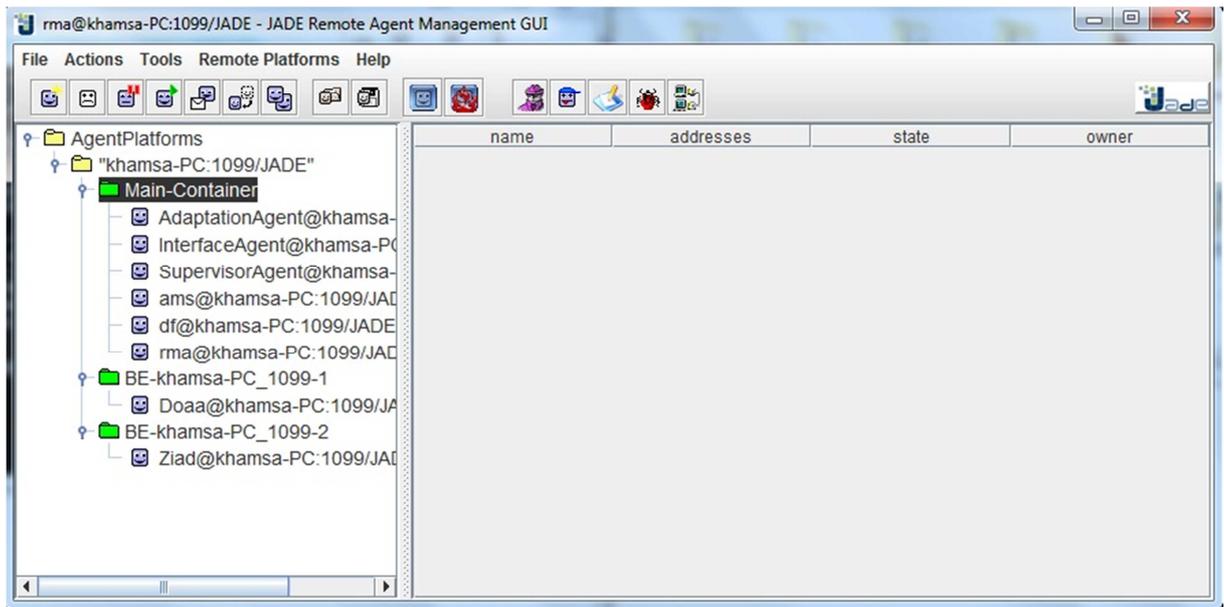




Figure IV-12. Exemples des cours adaptés

### IV.4. Test de l'architecture

La vérification de la circulation des messages entre les agents de notre plateforme, est faite grâce à l'outil graphique qu'offre JADE. Ce dernier permet la visualisation des messages échangés dans le système. Il s'agit de l'agent "sniffer" qui permet de garder la trace des messages dans la plate-forme et de donner une interface graphique pour afficher les échanges des messages entre les différents groupes d'agents.



### IV.4.1. Test des messages du scénario de connexion

Nous avons construit le diagramme de séquence dans le chapitre précédent. Afin de vérifier ce diagramme il faut utiliser l'agent sniffer de JADE. Lorsqu'on a exécuté l'étape de la connexion et on a utilisé l'agent sniffer pour suivre les messages envoyés, le résultat est comme suit:

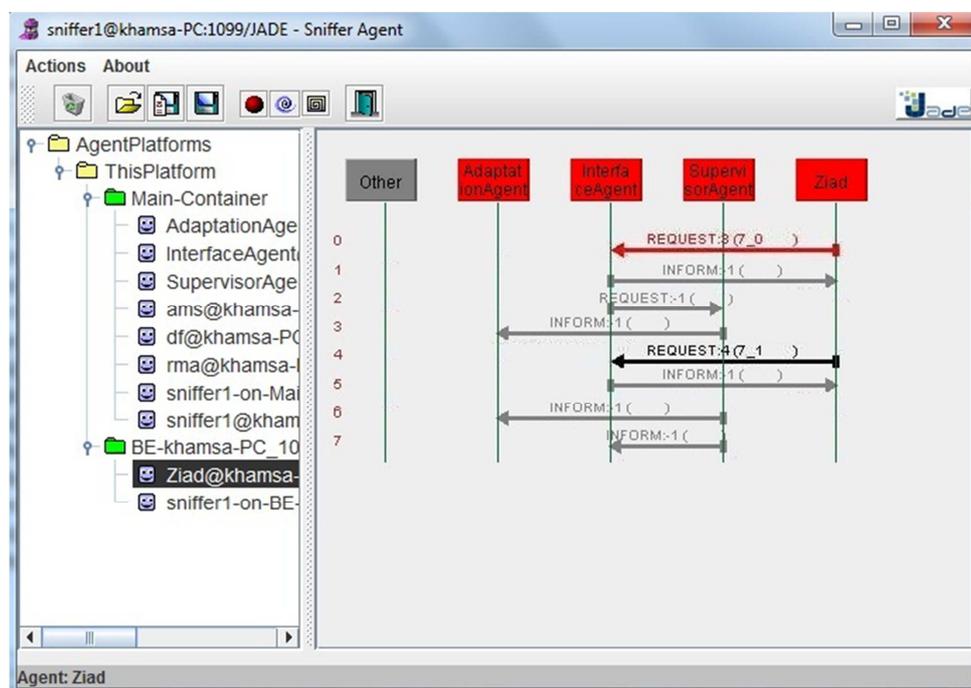


Figure IV-13. Les messages échangés dans le processus de connexion

### IV.4.2. Test des messages du scénario de demande de cours

Nous avons aussi construit le diagramme de la session "demande un fragment de cours". Après la connexion de l'apprenant, il demande un fragment de cours, la séquence de message devient comme suit:

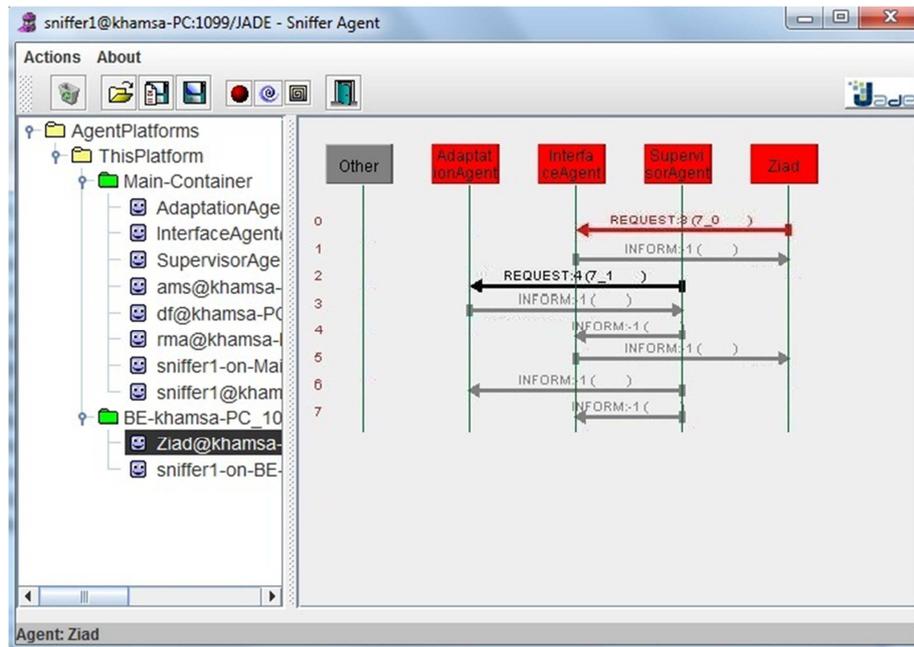


Figure IV-14. Les messages échangés dans le processus de demande de cours

## IV.5. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté le prototype développé pour réaliser et valider nos propositions, ce prototype basé sur les principes de notre approche, en utilisant la plateforme (jade-LEAP), en plus d'une interface interactif qui affiche tous ce qui est destiné aux apprenants (page d'accueil, cours, tests et réponses ... etc.) fourni par une application J2ME installé dans l'appareil mobile de l'apprenant.

# Conclusion générale

## Conclusion Générale

Dans ce mémoire, nous avons présenté une approche pour l'apprentissage mobile basée sur les systèmes multi-agents, cette plateforme contient des agents stationnaires et des agents mobiles. La technologie agent s'avère pertinente dans les applications d'apprentissage mobile à cause de ses points forts (flexibilité, modularité, l'autonomie, ...etc.). En plus de caractéristiques des agents mobiles appropriés aux environnements d'apprentissage mobile tels que la réduction de la charge de réseau, l'exécution asynchrone et autonome ...etc. ces caractéristiques nous encouragent à utiliser le paradigme d'agent dans notre approche.

Un des objectifs principaux dans un environnement d'apprentissage mobile est de fournir aux apprenants la bonne ressource au bon moment et de la meilleur façon. A cet effet, nous avons adopté un processus d'adaptation de contenu d'apprentissage en fonction de profil d'apprenant (besoins, niveaux, préférences ...etc.) et au caractéristiques de l'appareil mobile de l'apprenant.

Une perspective de ce travail est l'adoption de context-awareness dans notre approche, et l'adaptation de contenu d'apprentissage aux informations contextuelles telles que la localisation de l'apprenant, leur activité, le temps, etc.

Nous envisageons d'enrichir et d'étendre l'approche par d'autres fonctionnalités telles que l'adaptation dynamique de parcours de l'apprenant en fonction de son profil et de son état actuel. Ainsi, nous voulons profiter des bénéfices de collaboration entre les apprenants pour motivé les apprenants à apprendre.

Puisque les ressources d'apprentissage ont été partagées par plusieurs apprenants, on doit donc utiliser un outil ou un standard fiable et cohérent pour la description commune de ces ressources pédagogiques à fin de faciliter la recherche, l'acquisition, l'utilisation et le partage des ressources pédagogiques par les apprenants. Une perspective de ce travail est d'utiliser le standard SCORM, qui est un des standards le plus acceptés pour décrire les ressources d'apprentissage.

Une perspective de ce travail est d'utiliser le concept map du cours pour les apprenants visuels, qui préfère à percevoir des informations sensorielles telles que des diagrammes, des images, cartes, et pour l'apprenant global qui aime à obtenir le schéma global du cours avant de présenter les détails. On va utiliser le concept map comme un outil de révision pour

améliorer la compréhension de l'apprenant du matériel de cours et pour construire et organiser les connaissances dans le cours et l'aider à atteindre de meilleures performances. En outre, il aide tous les apprenants à résumer et réduire le cours avant un examen. Par ailleurs, il est très utile pour réduire les grandes quantités d'informations affichées sur l'écran, donc, il est très approprié à la taille limitée de l'écran des appareils mobiles.

A ce jour, l'approche proposée possède certaines limites qu'il est nécessaire d'améliorer dans des futurs travaux. Elle n'est pas encore complètement éprouvée et expérimentée par les apprenants dans leur apprentissage réel. Il est important de mettre en pratique cette approche pour valider, raffiner et enrichir les fonctionnalités de système et aussi la stratégie d'adaptation développée, ainsi de lui comparer avec d'autre système d'apprentissage mobile déjà existe pour évaluer leurs performances.

Un autre problème de ce travail est de prendre en compte des problèmes de sécurité posés par l'utilisation des agents mobiles; les risques concernent la confidentialité et l'intégrité, ainsi que les échanges et les communications à l'échelle de l'Internet. Ce problème peut être résolu par l'utilisation d'une connexion SSL offert par la plateforme jade-LEAP, qui assure l'encryptage de données transférées.

# Annexe

## **Annexe I. ILS**

Le questionnaire d'indice de style d'apprentissage ILS (Index of Learning Styles Questionnaire) pour le modèle de felder-silverman :

- 1.** I understand something better after I
  - (a)** try it out.
  - (b)** think it through.
- 2.** I would rather be considered
  - (a)** realistic.
  - (b)** innovative.
- 3.** When I think about what I did yesterday, I am most likely to get
  - (a)** a picture.
  - (b)** words.
- 4.** I tend to
  - (a)** understand details of a subject but may be fuzzy about its overall structure.
  - (b)** understand the overall structure but may be fuzzy about details.
- 5.** When I am learning something new, it helps me to
  - (a)** talk about it.
  - (b)** think about it.
- 6.** If I were a teacher, I would rather teach a course
  - (a)** that deals with facts and real life situations.
  - (b)** that deals with ideas and theories.
- 7.** I prefer to get new information in
  - (a)** pictures, diagrams, graphs, or maps.
  - (b)** written directions or verbal information.
- 8.** Once I understand
  - (a)** all the parts, I understand the whole thing.
  - (b)** the whole thing, I see how the parts fit.
- 9.** In a study group working on difficult material, I am more likely to
  - (a)** jump in and contribute ideas.
  - (b)** sit back and listen.
- 10.** I find it easier
  - (a)** to learn facts.
  - (b)** to learn concepts.

- 11.** In a book with lots of pictures and charts, I am likely to
- (a) look over the pictures and charts carefully.
  - (b) focus on the written text.
- 12.** When I solve math problems
- (a) I usually work my way to the solutions one step at a time.
  - (b) I often just see the solutions but then have to struggle to figure out the steps to get to them.
- 13.** In classes I have taken
- (a) I have usually gotten to know many of the students.
  - (b) I have rarely gotten to know many of the students.
- 14.** In reading nonfiction, I prefer
- (a) something that teaches me new facts or tells me how to do something.
  - (b) something that gives me new ideas to think about.
- 15.** I like teachers
- (a) who put a lot of diagrams on the board.
  - (b) who spend a lot of time explaining.
- 16.** When I'm analyzing a story or a novel
- (a) I think of the incidents and try to put them together to figure out the themes.
  - (b) I just know what the themes are when I finish reading and then I have to go back and find the incidents that demonstrate them.
- 17.** When I start a homework problem, I am more likely to
- (a) start working on the solution immediately.
  - (b) try to fully understand the problem first.
- 18.** I prefer the idea of
- (a) certainty.
  - (b) theory.
- 19.** I remember best
- (a) what I see.
  - (b) what I hear.
- 20.** It is more important to me that an instructor
- (a) lay out the material in clear sequential steps.
  - (b) give me an overall picture and relate the material to other subjects.
- 21.** I prefer to study
- (a) in a study group.

- (b) alone.
22. I am more likely to be considered
- (a) careful about the details of my work.
  - (b) creative about how to do my work.
23. When I get directions to a new place, I prefer
- (a) a map.
  - (b) written instructions.
24. I learn
- (a) at a fairly regular pace. If I study hard, I'll "get it."
  - (b) in fits and starts. I'll be totally confused and then suddenly it all "clicks."
25. I would rather first
- (a) try things out.
  - (b) think about how I'm going to do it.
26. When I am reading for enjoyment, I like writers to
- (a) clearly say what they mean.
  - (b) say things in creative, interesting ways.
27. When I see a diagram or sketch in class, I am most likely to remember
- (a) the picture.
  - (b) what the instructor said about it.
28. When considering a body of information, I am more likely to
- (a) focus on details and miss the big picture.
  - (b) try to understand the big picture before getting into the details.
29. I more easily remember
- (a) something I have done.
  - (b) something I have thought a lot about.
30. When I have to perform a task, I prefer to
- (a) master one way of doing it.
  - (b) come up with new ways of doing it.
31. When someone is showing me data, I prefer
- (a) charts or graphs.
  - (b) text summarizing the results.
32. When writing a paper, I am more likely to
- (a) work on (think about or write) the beginning of the paper and progress forward.

- (b) work on (think about or write) different parts of the paper and then order them.
33. When I have to work on a group project, I first want to
- (a) have "group brainstorming" where everyone contributes ideas.
  - (b) brainstorm individually and then come together as a group to compare ideas.
34. I consider it higher praise to call someone
- (a) sensible.
  - (b) imaginative.
35. When I meet people at a party, I am more likely to remember
- (a) what they looked like.
  - (b) what they said about themselves.
36. When I am learning a new subject, I prefer to
- (a) stay focused on that subject, learning as much about it as I can.
  - (b) try to make connections between that subject and related subjects.
37. I am more likely to be considered
- (a) outgoing.
  - (b) reserved.
38. I prefer courses that emphasize
- (a) concrete material (facts, data).
  - (b) abstract material (concepts, theories).
39. For entertainment, I would rather
- (a) watch television.
  - (b) read a book.
40. Some teachers start their lectures with an outline of what they will cover. Such outlines are
- (a) somewhat helpful to me.
  - (b) very helpful to me.
41. The idea of doing homework in groups, with one grade for the entire group,
- (a) appeals to me.
  - (b) does not appeal to me.
42. When I am doing long calculations,
- (a) I tend to repeat all my steps and check my work carefully.
  - (b) I find checking my work tiresome and have to force myself to do it.
43. I tend to picture places I have been
- (a) easily and fairly accurately.

**(b)** with difficulty and without much detail.

**44.** When solving problems in a group, I would be more likely to

**(a)** think of the steps in the solution process.

**(b)** think of possible consequences or applications of the solution in a wide range of areas.

## Annexe II. SCORM

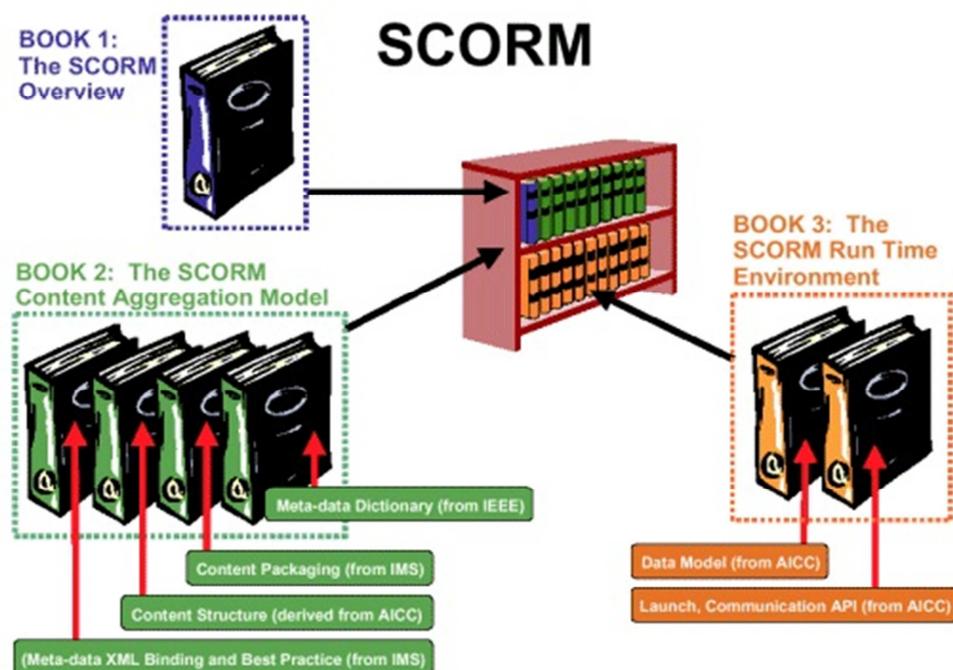
Puisque ces ressources ont été partagées par plusieurs apprenants, on doit donc utiliser un outil ou un standard fiable et cohérent pour la description commune de ces ressources pédagogiques à fin de faciliter la recherche, l'acquisition, l'utilisation et le partage des ressources pédagogiques par les apprenants. La meilleure solution est de utiliser de concept d'objet d'apprentissage LO (Learning Object) qui est une ressource numérique qui peut être utilisés dans le processus d'apprentissage. Ainsi une LO est une entité (ressource) qui peut être transmettre dans un réseau à la demande, indépendamment de ses dimensions. Ces ressources peuvent être des images numériques, photos, fichiers audio, vidéo, texte, animation, etc. Ils sont stockées dans des bases de données dédié appelé les Dépôts des objets d'apprentissage (LO Repositories). Ils sont utilisés dans un processus de formation ou d'apprentissage. En fait, ils sont utilisés en général pour décrire des ressources numériques. Ils sont appropriés à la composition des cours en petits segments de petit taille qui peuvent être transmettre par le réseau sans fil, et accessibles facilement et le contenu peuvent être réutilisés et combinés, ce qu'il permet la flexibilité. Un LO unique peut être une partie d'un ou plusieurs cours.

Tous les LO sont décrits par des métadonnées, mais en raison du fait que la structure de ces métadonnées varie selon les dépôts dans lesquels ils sont situés et leur description n'est pas uniforme. Il y a plusieurs normes qui sont utilisées dans la description de LO, les plus communs sont IEEE LOM (Learning Object Metadata) [91]; SCORM (Sharable Content Object Reference Model) [92].

SCORM est un modèle de référence pour la standardisation des contenus web-based éducatifs. Le SCORM peut faire l'utilisateur utiliser et modifier librement le contenu éducatif, quel que soit le matériel sous-jacent ou le système d'exploitation. SCORM définit les exigences de haut niveau telles que la réutilisation, l'accès et interopération pour les contenus éducatifs.

Le SCORM défini le modèle d'agrégation de contenu basé sur le web et l'environnement d'exécution pour les LOs. Le but du modèle d'agrégation de contenu est de fournir la méthode commune, qui peut extraire le contenu à partir de ressources (réutilisables, accessibles, interopérable) et l'organiser. Le SCORM a les mérites suivants: [79]

- *Accessible* : le contenu peut être identifié et localisé quand il est nécessaire et comme il est nécessaire pour répondre aux exigences de formation et d'éducation.
- *Durable*: le contenu ne nécessite pas de modification pour fonctionner comme des systèmes de logiciels et de plates-formes sont modifiées ou améliorées.
- *Interopérable*: le contenu fonctionnera dans de multiples applications, des environnements et des configurations matérielles et logicielles indépendamment des outils utilisés pour le créer et de la plateforme sur laquelle il est livré.
- *Réutilisables*: le contenu est indépendant du contexte d'apprentissage. Il peut être utilisé dans des situations de nombreuses formations ou pour de nombreux apprenants différents avec n'importe quel nombre d'outils de développement ou de plates-formes de livraison.
- *Adaptable*: en adaptant l'enseignement aux besoins individuels et organisationnels.
- *Abordable*: en augmentant l'efficacité d'apprentissage et de productivité tout en réduisant le temps et les coûts.



**Figure III-14.** Les composants de SCORM

## Références

- [1] Chouchane Khamsa and Okba Kazar, “*Mobile Learning: A State Of The Art And Perspectives*”, proceedings of the 5th. International Conference on Information Systems and Economic Intelligence (SIIE’12), Djerba, Tunisia, ISBN 9978-9973868-19-0, Pp. 50-55. February 16 - 18, 2012.
- [2] Chouchane Khamsa, Okba Kazar and Ahmed Aloui, “*Agent-based Approach for Mobile Learning using Jade-LEAP*”, ICWIT’12 (International Conference on Web and Information Technologies), CEUR Workshop Proceeding, Pp. 300-305, CEUR-WS.org, April 29-30, 2012.
- [3] Kinshuk, “*Adaptive Mobile Learning Technologies*”, Global Educator, Department Of Information Systems Massey University, New Zealand, 2003.
- [4] Hélène Fournier, A Review Of The State Of The Field Of Adult Learning E-Learning, National Research Council Canada, Institute for Information Technology Research Assistants: Cornelia Dragne and Daniel Romila, Canada, May 2006.
- [5] Nyíri, K.. *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. Pp. 121-124. 2002.
- [6] Nyíri, K.. *The Mobile Phone In 2005: Where Are We Now? Proceedings Of Seeing, Understanding, Learning In The Mobile Age*.
- [7] Sharma, S.K., & Kitchens, F.L.. *Web Services Architecture For M-Learning*. Electronic Journal On E-Learning, 2(1), Pp. 203-216. 2004.
- [8] Georgiev, S, Georgieva, E, Smrikarov, A, “*M-Learning – A New Stage Of E-Learning*”, Proceedings Of The 5th Intern. Conference On Computer Systems And Technologies – Compsys Tech’2004, Rouse, Bulgaria, Pp. Iv.28-1-5, 2004.

- [9] Mostakhdemin-Hosseini, A. And Tuimala, J. . *Mobile Learning Framework*. Proceedings Iadis International Conference Mobile Learning 2005, Malta, Pp 203-207. 2005.
- [10] Yiannis Laouris, Nikleia Eteokleous, *We Need An Educationally Relevant Definition Of Mobile Learning*, Cyprus Neuroscience & Technology Institute Cyprus, 2006.
- [11] Laouris Y. *We Need an Educationally Relevant Definition of Mobile Learning*. 4th World conference on mLearning. Cape Town, South Africa; 2005.
- [12] Allan Knight, Monica Bulger, Kevin Almeroth, *Is Learning Really a Phone Call Away? Knowledge Transfer in Mobile Learning*, University of California, Santa Barbara, 2006.
- [13] Chuantao YIN, *SAMCCO : un Système d'Apprentissage Mobile Contextuel et Collaboratif dans des Situations Professionnelles*, Thèse Pour obtenir le grade de Docteur de l'Ecole Centrale de Lyon, Ecole Doctorale Informatique et Mathématiques Lyon, 25 Janvier 2010.
- [14] Kay A. Et Goldberg A. *Personal Dynamic Media*. Computer.;10(3): Pp. 31-41, 1977.
- [15] <http://www.ibm.com>
- [16] <http://www.apple.com>
- [17] [Www.Wikipedia.Fr/](http://www.Wikipedia.Fr/)
- [18] <http://www.m-learning.org>
- [19] <http://www.mobilearn.org>
- [20] <http://www.iadis.org/>

- [21] [www.molenet.org.uk](http://www.molenet.org.uk)
- [22] Quinn, C. *Mlearning: Mobile, Wireless, In-Your-Pocket Learning*. Line Zine. Fall. 2000.
- [23] Pinkwart, N., Hoppe, H.U., Milrad, M. & Perez, J. *Educational Scenarios For The Cooperative Use Of Personal Digital Assistants*. Journal Of Computer Assisted Learning, 19, 3, Pp. 383-391. 2003.
- [24] Trifonova, A., & Ronchetti, M. *Where is mobile learning going? E-Learn 2003 Conference*. November 7-11. Phoenix, AZ. 2003. from: [http://www.science.unitn.it/~foxy/docs/Where%20is%20Mobile%20Learning%20Going%20\(E-Learn2003\).pdf](http://www.science.unitn.it/~foxy/docs/Where%20is%20Mobile%20Learning%20Going%20(E-Learn2003).pdf)
- [25] Naismith L. et al., *Report 11: Literature Review in Mobile Technologies and Learning*, University of Birmingham, ISBN: 0-9548594-1-3 Futurelab, 2004.
- [26] Shahid Islam Wains And Waqar Mahmood, "*Integrating Mlearning With E-Learning*". Proceedings Of The 9th Acm Special Interest Group For Information Technology Education (Sigite '08), Pp. 31-37, Ohio-Usa, October 16-18 2008.
- [27] C. O'Malley et al., Guidelines for learning/teaching/tutoring in a mobile environment, D4.1 of MOBilearn project at <http://www.mobilearn.org/download/results/guidelines.pdf>.
- [28] Desmond Keegan, Gabor Kismihok, Nevena Mileva, Torstein Rekkedal, The Role Of Mobile Learning In European Education Available On: [Http://Www.Ericsson.Com/Ericsson/Corpinfo/Programs/The\\_Role\\_Of\\_Mobile\\_Learning\\_In\\_European\\_Education/Products/Wp/Socrates\\_Mlearning\\_Wp4.Pdf](http://Www.Ericsson.Com/Ericsson/Corpinfo/Programs/The_Role_Of_Mobile_Learning_In_European_Education/Products/Wp/Socrates_Mlearning_Wp4.Pdf)
- [29] Zoran Kalinić, Slavko Arsovski, Mobile Learning – Quality Standards, Requirements And Constrains, International Journal For Quality Research Udk- 378:004 Scientific Review Paper (1.02), Vol.3, No. 1, 2009.

- [30] <http://www.journaldunet.com/>
- [31] <http://www.sybase.com>
- [32] <http://www.gartner.com>
- [33] Jones, A., Issroff, K., Scanlon, E., Clough, G., & Mcandrew, P. *Using Mobile Devices for Learning in Informal Settings: Is It motivating ?* Paper presented at the IADIS International Conference Mobile Learning 2006, Pp. 251-255. 2006.
- [34] Zoran Kalinić, Slavko Arsovski, Mobile Learning – Quality Standards, Requirements And Constrains, International Journal For Quality Research Udk- 378:004 Scientific Review Paper (1.02), Vol.3, No. 1, 2009.
- [35] Sharples M. Disruptive Devices: Mobile Technology for Conversational Learning. *International Journal of Continuing Engineering Education and Lifelong Learning*. 2003;12(5/6): Pp. 504-520. 2003.
- [36] Cécile Meyer, et al., M-Learning : Vers une Caractérisation des Situations Pédagogiques, *TICE 2006:Technologies de l'Information et de la Communication dans l'Enseignement Supérieur et l'Entreprise*. Toulouse; 2006.
- [37] Charmonman, S., & Chorpothong, N. Digital Lifestyle and the Road Ahead. Proceedings of the Fourth International Conference on eBusiness. December 5-9. Beijing, China. Retrieved April 24, 2007.
- [38] Wang Y. K. Context Awareness and Adaptation in Mobile Learning. Proceedings - 2nd IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education; (WMTE'04), Pp. 154-158. 2004.
- [39] Dey, A. K., Abowd, G. D., Salber D. A conceptual framework and a toolkit for supporting the rapid prototyping of context-aware applications. In *Human- Computer Interaction*, Pp. 97-166. 2001.

- [40] Dirk Froberg, Mobile Learning is Coming of Age - What we have and what we still miss, Institut für Informatik, Universität Zürich Binzmühlestr.Schweiz, 2006.
- [41] Georgieva E., et al. A General Classification of Mobile Learning Systems. *International conference on computer systems and technologies 2005*. Technical University, Varna, Bulgaria; 2005.
- [42] Kurbel, K., Hilker, J. Requirements for a mobile e-Learning Platform', IASTED 2002 Int. Conference on Communications Internet and Information Technology, US Virgin Islands. 2002.
- [43] Trifonova A. et Ronchetti M. A General Architecture for M-Learning. *The fourth IEEE Conference on Advanced Learning Technologies*. Joensuu, Finland; 2004.
- [44] Trifonova A., Mobile Learning: Wireless And Mobile Technologies In Education Towards Hoarding Content In M-Learning Context ,Phd Dissertation, International Doctorate School In Information And Communication Technologies, DIT - University Of Trento, March 2006,
- [45] Trifonova A., Ronchetti M., Design and Development Approaches for Creating a Mobile Learning System – Mobile EL-DIT, International Graduate School of Information and Communication Technologies, University of Trento, Italy, 2004.
- [46] Sushil K. et al., Web Services Architecture for M-Learning, *Electronic Journal on e-Learning* Volume 2 Issue 1, USA, Pp. 203-216, February 2004,.
- [47] Antti Syvänen et al, Supporting Pervasive Learning Environments: Adaptability and Context Awareness in Mobile Learning.
- [48] Vassileva, J. 'DCG + GTE: Dynamic courseware generation with teaching expertise', *Instructional Science*, Vol. 26, No. 3/4, pp. 317-332. 1998.

- [49] Healey, J., Hosn, R. and Maes, S.H. ‘Adaptive content for device independent multi-modal browser applications’, P. De Bra, P. Brusilovsky, and R. Conejo (Eds.): AH 2002, LNCS 2347, pp. 401–405. 2002.
- [50] Brusilovsky, P. and Vassileva, J. ‘Course sequencing techniques for large-scale web-based education’, *Int. J. Continuing Engineering Education and Lifelong Learning*, Vol. 13, No. 1/2, pp. 75-94. 2003.
- [51] Tretiakov, A. and Kinshuk, ‘A unified approach to mobile adaptation of educational content’, *Proceedings of the IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT’04)*, IEEE. 2004.
- [52] Deegan R., Rothwell P., A Classification of M-Learning Applications from a Usability Perspective, *Journal of the Research Center for Educational Technology (RCET)* Vol. 6, No. 1, Spring 2010.
- [53] Kurznel, F., Slay, J. and Chau, Y. ‘Towards an adaptive multimedia learning environment’, *Informing Science InSITE - “Where Parallels Intersect”*. 2002.
- [54] Wang, H.-C., Li, T.-Y. and Chang, C.-Y. ‘Adaptive presentation for effective Web-based learning of 3D content’, *Proceedings of the IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT’04)*, IEEE. 2004.
- [55] Kelly, D. and Tangney, B. ‘Adapting to intelligence profile in an adaptive educational system’, *Interacting with Computers*, Vol. 18, pp. 385–409. 2006.
- [56] Herder, E. and van Dijk, B. ‘Personalized adaptation to device characteristics’, P. De Bra, P. Brusilovsky, and R. Conejo (Eds.): AH 2002, LNCS 2347, 598–602. 2002.
- [57] Carchiolo, V., Longheu, A. and Malgeri, M. ‘Adaptive formative paths in a Web-based learning environment’, *Educational Technology & Society*, Vol. 5, No. 4. 2002.
- [58] Faraco, R.A., Rosatelli, M.C. and Gauthier, F.A.O. ‘Adaptivity in a learning companion system’, *Proceedings of the IEEE International Conference on Advanced*

- Learning Technologies (ICALT'04), IEEE. 2004.
- [59] Albano, G., Gaeta, G. and Salerno, S. 'E-learning: A model and process proposal', *International Journal of Knowledge and Learning*, Vol. 2, No. 1/2, pp. 73-88. 2006.
- [60] Chen, G. and Kotz, D. A Survey of Context-Aware Mobile Computing Research. *Dartmouth Computer Science Technical Report TR2000-381*. 2000.
- [61] Dey, A.K. and Abowd, G. 'Towards a better understanding of context and context-awareness', *Proceedings 2000 Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI)*, The Hague, The Netherlands. 2000.
- [62] Schilit, B., Adams, N. and Want, R. Context-aware computing applications. *IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications*, Pp. 85-90. 1994.
- [63] Yau, J. & Joy, M. A Mobile and Context-aware Learning Schedule Framework from a pedagogical perspective – an interview study. *IADIS International Conference Mobile Learning*. 2009.
- [64] Jane Y-K YAU et al., A mobile and context-aware adaptive learning schedule framework from a usability perspective – a 'diary: diary-questionnaire' study *Proceedings of the 17th International Conference on Computers in Education*. Hong Kong: Asia-Pacific Society for Computers in Education. 2009.
- [65] Schmidt, A. Potentials and Challenges of Context-Awareness for Learning Solutions, *Workshop of the SIG Adaptivity and User Modelling in Interactive Systems*. 2005.
- [66] Economides, A. A.. Adaptive context-aware pervasive and ubiquitous learning. *International Journal of Technology Enhanced Learning*, Vol. 1, No 3, pp. 169-192, Inderscience. ISSN (Online): 1753-5263, ISSN (Print): 1753-5255. 2009.
- [67] C. Chu W., et al. Context-Sensitive Content Representation for Mobile Learning. *ICWL2005- the 4th International Conference of Web-Based learning*. Hong Kong,

China; 2005.

- [68] Danny D. Lange, Mitsuru Oshima. Programming and Deploying Java Mobile Agents with Aglets, Addison-Wesley. Pp. 1-13. 1998.
- [69] Braz, Ch. Aimeur E. Mobile Agents For Wireless E-Commerce Applications (Mawa), Ift 6271 Artificial Intelligence, Master In Electronic Commerce Hec Montréal/ Université De Montréal. 2003.
- [70] Bellifemine, F. & Caire, G. & Greenwood D. Developing Multi-Agent Systems with JADE, John Wiley & Sons Ltd, 978-0-470-05747-6, England. Pp. 145-161. 2007.
- [71] A. Andronico et al. "Integrating a multi-agent recommendation system into a Mobile Learning Management System", Dipartimento di Ingegneria Dell'informazione, Universit degli Studi di SIENA, Italy. 2003.
- [72] Chi-Wing Lo, Kwun-Tak Ng, Qin Lu, "CJK Knowledge Management In Multi-Agent M-Learning System", Department Of Computing, Hong Kong Polytechnic University, Kowloon, Hong Kong. 2001.
- [73] D. Meere, et al. "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., Pp. 74 - 79. May 2010.
- [74] Larbi Esmahi and Elarbi Badidi, "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, Pp. 749-758. 2004.
- [75] V. Glavinic, M. Rosic, and M. Zelic, "Agents in m-Learning Systems Based on Intelligent Tutoring", HCII 2007, LNCS 4556, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Pp. 578-587. 2007.

- [76] Sh. Wang, Q. Chen, M. Behrmann, "Agent-based Ubiquitous m-Learning Portal for K-12 Teachers", CSTST 2008, Cergy-Pontoise, France. 2008.
- [77] *Kinshuk, Taiyu Lin*, Improving mobile learning environments by applying mobile agents technology, Massey University, Palmerston North, New Zealand, 2003.
- [78] Sheng-Hung, Chung, Mobile Agents Approach in Mobile Learning Environment – ACID Mobile Transaction, ICI9 - International Conference on Information; Kuala Lumpur, Malaysia, 12 – 13 August 2009.
- [79] S. G. Han, H.S. Han, and J.B. K, "SCORM-Based Contents Collecting Using Mobile Agent in M-learning", PCM 2004, LNCS 3332, Springer- Verlag Berlin Heidelberg, 2004.
- [80] L. Sauvé, J. R. Nadeau, G. Leclerc - Le profil d'apprentissage des étudiants inscrits dans un certificat de cycle offert à distance et sur campus : une étude comparative. *Revue de l'enseignement à distance* vol.8.2, 1993.
- [81] Briggs, K. C. & Myers, I. B. *Myers-Briggs Type Indicator*, Palo Alto, CA: Consulting Psychologist Press, Inc. 1977.
- [82] Kolb, D. & Fry, R. Towards an applied theory of experiential learning, in *Theories of group processes*, ed. C.L. Copper London: John Wiley, Pp. 33-58. 1975.
- [83] Felder, R. M. & Silverman, L. K. Learning Styles and Teaching Styles in Engineering Education, *Engr. Education*, 78, 7, Pp. 674-681. 1988.
- [84] Felder R. M. & Silverman, L. K. Learning and teaching styles in engineering education. *Engineering Education*, 78(7): Pp. 674–681, 1998.
- [85] Kinshuk, & Taiyu, L. *Application of Learning Styles Adaptivity in Mobile Learning Environments*, Massey University, Palmerston North, New Zealand.

- [86] Felder R.M. & Soloman, B.A. Index of learning styles questionnaire. Accessed December 2011. <http://www.ncsu.edu/felder-public/ILSdir/ilsweb.html>
- [87] Paredes, P., & Rodriguez, P. Considering Learning Styles in Adaptive Web-based Education. Proceedings of the 6th World Multiconference on Systemics, Cybernetics and Informatics en Orlando, Florida. pp. 481-485. 2002.
- [88] Carver, C. A., Howard, R. A. and Lane, W. D. Enhancing Student Learning Through Hypermedia Courseware and Incorporation of Student Learning Styles, IEEE Transactions on Education, vol. 42, no. 1, , pp. 33-38. 1999.
- [89] Felder, R. & J. Spurlin. "Applications, reliability, and validity of the Index of Learning Styles." *International Journal of Engineering Education* 21/1 : Pp. 103-112. 2005.
- [90] Fatma Cemile Serçe, A Multi-Agent Adaptive Learning System For Distance Education, A Thesis Submitted To The Graduate School Of Informatics Of The Middle East Technical University, January 2008.
- [91] Draft Standard for Learning Objects Metadata IEEE P1484.12/D6.3 12, January 2002.
- [92] Sharable Content Object Reference Model (SCORM). Version 1.2. ADL, 2001-11-14. <http://www.adlnet.org/library/documents/scorm/software/SCORM.htm>, 2001.
- [93] Java Agent Development Framework <http://www.jade.tilab.com>
- [94] Mahmoud, Q.H. MobiAgent: An Agent-based Approach to Wireless Information Systems. In Proc. of the 3rd Int. Bi-Conference Workshop on Agent-Oriented Information Systems, Montreal, Canada. May 28 – June 1, 2001.
- [95] AgentLight – Platform for Lightweight Agents. <http://www.agentlight.org>.

[96] microFIPA-OS Agent Platform. <http://www.cs.helsinki.fi/group/crumpet/mfos>

[97] Mikko Laukkanen, Agents on Mobile Devices, Sonera Corporation, 2002.