



ECOLE DOCTORALE SCIENCES POUR L'INGENIEUR

THESE EN COTUTELLE

pour obtenir le grade de

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE DES SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE LILLE

Discipline : Informatique

Thème

Orchestration des activités d'apprentissage mobile

Présentée par

Nassim DENNOUNI

Soutenue publiquement à l'université de Sidi Bel Abbès

Le 07/01/2016 devant le jury composé de :

Ahmed LEHIRECHE, Professeur, Université de Sidi Bel Abbès- Algérie, Président du jury.

Sidi Mohammed SENOUCI, Professeur, Université de Bourgogne-France, Rapporteur.

Benamer KADRI, Maître de conférences, Université de Tlemcen- Algérie, Rapporteur.

Luigi LANCIERI, Professeur, Université Lille 1-France, Directeur de thèse.

Yvan PETER, Maître de Conférences, Université Lille 1 - France, Co-directeur de thèse.

Zohra SLAMA, Maître de conférences, Université de Sidi Bel Abbès- Algérie, Directrice de thèse.

Remerciements

Mes premiers remerciements vont d'abord à mes deux directeurs de thèse Mme **Zohra SLAMA** et Mr **Luigi LANCIERI** qui m'ont accueilli, guidé, encadré, et soutenu pendant ces longues années de thèse.

Je souhaite remercier particulièrement Mr **Yvan PETER** mon co-directeur de thèse pour tous ses conseils et son soutien dans ce travail.

Je voudrais remercier également Mr **Ahmed LEHIRECHE**, Mr **Sidi Mohammed SENOUCI** et Mr **Benamer KADRI** qui ont manifesté un intérêt à examiner ce travail.

Je tiens à exprimer mes salutations et mes remerciements à tous les membres de l'équipe NOCE du laboratoire CRISTAL de l'université de Lille1 ainsi que tous les membres du Laboratoire EEDIS de l'université de Sidi Bel Abbés.

Enfin, je remercie tous les membres de ma famille qui m'ont soutenu et encouragé depuis toujours.

Sommaire

Introduction générale.....	9
Objectifs de la thèse	11
Organisation du mémoire.....	11
Partie I. État de l’art.....	13
Chapitre I. L’apprentissage mobile et les sorties pédagogiques.	14
I.1. Introduction.....	14
I.2. L'apprentissage mobile	14
I.3. L'apprentissage ubiquitaire	15
I.4. Les différentes dimensions du contexte d'apprentissage mobile	17
a). La dimension temporelle.....	17
b). La dimension spatiale	18
c). La dimension matérielle.....	18
d). La dimension contexte d’apprentissage.....	18
e). La dimension ressources pédagogiques	18
f). La dimension utilisateur	18
g). La dimension des activités du scénario	19
I.5. L’adaptation au contexte d'apprentissage mobile	19
a) Adaptation générale :	20
b) Adaptation des Feedbacks et des supports :.....	20
c) Adaptation de navigation :	21
d) Adaptation des communications et des interactions :.....	21
I.6. Évolution des méthodes d'apprentissage	21
I.7. Les sorties pédagogiques	23
I.7.1. Les phases d’une sortie pédagogique	23
I.7.2. Les types de sorties pédagogiques :.....	24
a) La sortie pédagogique sans support informatique :	24
b) La sortie pédagogique avec support informatique mobile :.....	24
I.7.3. Travaux existants sur les sorties pédagogiques	25
I.8. Conclusion du chapitre I.....	27
Chapitre II. Les techniques d’orchestration des activités d’apprentissage mobile.....	28
II.1. Introduction	28
II.2. L’orchestration et les sorties pédagogiques	28
II.3. Les techniques d'orchestration des sorties pédagogiques.....	30
II.3.1. L’extension des plateformes d’apprentissage existantes	31
a) Utilisation des plugins dans les LMS.....	31
b) Intégration des technologies Web 2.0 dans les LMS	32
c) Utilisation des CSCBLs	33
d) Le langage IMSLD	35
e) Les plateformes d’agrégation de services	36
f) Synthèse.....	37
II.3.2. Les plateformes d’apprentissage de type ad hoc	37
II.3.2.1. Les applications dépendantes du domaine d’étude	38
II.3.2.2. Les applications indépendantes du domaine d’étude.....	41

II.4. Discussions sur les techniques d'orchestration	48
II.4.1.L'orchestration à l'aide des SMAs	48
II.4.2.L'orchestration sémantique à l'aide des ontologies.....	49
II.5. Conclusion du chapitre II	51
Chapitre III. Recommandation des activités d'apprentissage mobile	52
III.1. Introduction.....	52
III.2. Les systèmes de recommandations	52
III.2.1.Filtrage basé sur le contenu (Content-based Filtering)	53
III.2.2.Filtrage collaboratif (Collaborative Filtering).....	54
III.2.3.Synthèse	54
III.3. Les systèmes de recommandations et la mobilité	55
III.4. Les systèmes de recommandations et la formation.....	58
III.5. Les systèmes de recommandations et les réseaux sociaux	60
III.5.1.Recommandation basée sur la confiance	60
III.5.2.Exploitation des données textuelles dans le Web social	60
III.5.3.Exploitation du profil déclaratif	62
III.5.4.Synthèse	62
III.6. Les systèmes de recommandations et les sorties pédagogiques	63
III.6.1.Les techniques de filtrage collaboratif	63
III.6.2.Les techniques de recommandation sociale	66
III.6.3.Les techniques de recommandation chronologique	67
III.6.4.Synthèse	68
III.7. Conclusion du chapitre III.....	69
Partie II. Contributions	70
Chapitre IV. Modélisation du scénario d'apprentissage mobile.....	71
IV.1. Introduction	71
IV.2. Modélisation du scénario d'apprentissage mobile	71
IV.2.1.Phases du scénario.....	72
IV.2.2.Modélisation par POI	73
IV.2.3.Les acteurs et les cas d'usage.....	74
IV.3. Exemples de modélisation.....	75
IV.3.1. Scénario pédagogique contraint par l'instructeur :	75
IV.3.2. Scénario pédagogique avec degré de liberté :	76
IV.4. Prise en compte de la Variabilité du scénario	78
IV.5. Cycle de vie du dispositif d'apprentissage mobile.....	80
IV.5.1. Collecte des scénarios	81
IV.5.2. Choix d'un modèle comportemental	81
IV.5.3. Adoption d'une stratégie d'apprentissage	82
IV.5.4. Définition des paramètres d'évaluation du dispositif réalisé	83
IV.6. Conclusion du chapitre IV	83
Chapitre V. Elaboration de notre modèle de comportement pour la simulation	84
V.1. Introduction	84
V.2. Orchestration des scénarios d'apprentissage mobile	84
V.2.1.Orchestration selon le voisinage des POIs :	85
V.2.2.Orchestration selon le plus court chemin :	86
V.2.3.Orchestration selon le chemin le plus fréquenté :	87
V.2.4.Orchestration selon la durée de visite :	87
V.2.5.Orchestration selon la pédagogie de l'enseignant :	88

V.2.6.Orchestration selon le score des apprenants	90
V.2.7.Synthèse	90
V.3. Recommandation par rayon de recherche.....	92
V.4. Recommandation bio-inspirée	93
V.4.1.L’algorithme ACO et l’optimisation du parcours des POIs.....	93
V.4.2.Définition des dimensions à intégrer dans la recommandation	96
V.5. Description de notre système de recommandation	98
V.5.1.Recommandation selon le voisinage des POIs	100
a) La recommandation de la solution majoritaire (RSM)	100
b) La recommandation du voisin le plus proche (RVPP).....	101
c) La recommandation Collaborative (RC).....	101
V.5.2.Recommandation selon la pédagogie de l’instructeur	101
a) La recommandation de la solution majoritaire (RSM)	102
b) La recommandation pédagogique (RP)	102
c) La recommandation collaborative (RC).....	103
V.5.3.Recommandation selon le score des apprenants.....	103
a) La recommandation de la solution majoritaire (RSM)	103
b) La recommandation pédagogique (RP)	103
c) La recommandation collaborative (RC).....	104
V.6. Simulation du comportement des apprenants	104
V.6.1.Simulation de la recommandation selon le voisinage des POIs	106
V.6.2.Simulation de la recommandation selon la pédagogie de l’instructeur	109
V.6.3.Simulation de la recommandation selon le score des apprenants.....	112
V.6.4.Synthèse.....	114
V.7. Conclusion du chapitre V	115
Chapitre VI. Implémentation et expérimentations	116
VI.1. Introduction.....	116
VI.2. Implémentation du système	116
VI.3. Expérimentation : scénario de visite de campus	122
VI.3.1.Scénario de la visite du campus	122
VI.3.2.Protocoles d’expérimentation	124
VI.4. Discussions	128
VI.5. Conclusion du chapitre VI	129
Conclusion et perspectives.....	130
ANNEXE I. Les technologies de localisation	134
ANNEXE II. Les applications mobiles	137
ANNEXE III. Les interfaces relatives à la visite du campus avec smartphone.....	140
ANNEXE IV. Le test des connaissances relatif à la visite du campus	143
ANNEXE V. Questionnaire d’évaluation du dispositif.....	144
ANNEXE VI. Résultats du questionnaire relatif à la visite virtuelle du campus.....	146
ANNEXE VII. Résultat du questionnaire relatif à la visite réelle du campus.....	148
Bibliographie	150
Nos articles.....	160
Webographie.....	161

Liste des figures

Figure 1 : L'évolution des ordinateurs et l'apparition de l'intelligence ambiante	16
Figure 2: Les éléments d'orchestration d'une sortie pédagogique.	29
Figure 3: Captures d'écran relatives à l'outil Moodle MLE.	32
Figure 4: Intégration des technologies Web 2.0 dans un LMS	33
Figure 5: Environnement technologique.....	34
Figure 6: Architecture en couches (IMLD, GSI, service d'adaptation) du Framework	35
Figure 7: Architecture générale du prototype de composition d'application (mashup)	36
Figure 8: Schéma des flux d'interaction dans le projet RAFT	43
Figure 9: Description des entités du projet ENLACE	44
Figure 10: Capture d'écran de l'outil « SceDer ».	45
Figure 11: L'architecture du projet LEMONADE	46
Figure 12: L'architecture du Framework mobiloque.....	47
Figure 13: Architecture générale d'un système de recommandation	53
Figure 14: La page d'exploration de Aurigo.....	57
Figure 15: Le graphe tripartite utilisateur-objet-tag	61
Figure 16: Le scénario de formation décrit sous forme de graphe.....	63
Figure 17: Interface relative à la recommandation des POIs	65
Figure 18: Représentation graphique de l'influence de l'amitié et leurs localisations	66
Figure 19: Prédications du POI à visiter	67
Figure 20: Association entre le profil géographique, les POIs à visiter et les activités à réaliser.....	73
Figure 21: Description des rôles des acteurs de notre scénario.	74
Figure 22: Enumération des chemins à emprunter pour dans le cadre de la visite de Zoo.....	75
Figure 23: Un exemple de parcours des apprenants pendant la visite du Zoo.....	77
Figure 24: Les couches relatives à notre description d'un scénario de type sortie pédagogique.	79
Figure 25: Cycle de vie de notre scénario d'apprentissage mobile.	80
Figure 26: Les deux types d'approches associées aux modèles de comportement.....	82
Figure 27: Orchestration du scénario d'apprentissage à l'aide de la recommandation de POIs	85
Figure 28: Orchestration des POIs par voisinage.....	86
Figure 29: Orchestration par le plus court chemin.....	86
Figure 30: Orchestration par historique.	87
Figure 31: Modélisation des paramètres liés à la durée de notre scénario mobile.....	88
Figure 32: La matrice décrivant l'association entre les POIs et les activités.....	89
Figure 33 : Description du Workflow des activités pédagogiques grâce à cette matrice.....	89
Figure 34: Recommandation de chemin par score.....	90
Figure 35: Architecture fonctionnelle du système de recommandation géographique.....	92
Figure 36: Transition entre le POI courant et le prochain POI	94

Figure 37: La transition entre le POI 1 et le prochain POI	98
Figure 38: Les différents types de recommandation Bio-inspirée.	99
Figure 39: Le graphe relatif à la liste des chemins pédagogiques à emprunter	102
Figure 40: Interface NetLogo utilisée pour introduire les paramètres d'entrée du simulateur.	105
Figure 41: Exemple de calcul des probabilités de transition entre les POIs (la matrice PR).....	106
Figure 42: Comparaison entre la RSM, la RVPP et la RC	107
Figure 43: Capture d'écran du simulateur de la recommandation des distances.....	108
Figure 44: Comparaison des recommandations RSM, RP et RC en fonction de DH.....	110
Figure 45: Capture d'écran du simulateur de la recommandation des DHs	111
Figure 46: Comparaison de la RSM, la RP et la RC en fonction des scores obtenus	112
Figure 47: Capture d'écran du simulateur de la recommandation des scores	113
Figure 48: Les phases relatives à l'orchestration du scénario d'apprentissage mobile.....	117
Figure 49: Diagramme des cas d'utilisation de notre prototype.	118
Figure 50: Diagramme des classes de notre prototype.	119
Figure 51: L'architecture technique de notre système SAMSSP	120
Figure 52: Description du système de recommandation utilisé par notre prototype	121
Figure 53: Description de l'ordre de déroulement des activités de la visite du campus.....	123
Figure 54: La recommandation d'un chemin global de POIs	124
Figure 55: Prototype relatif à la recommandation des transitions locales	125
Figure 56: Interface relative à la recommandation d'un chemin global	127
Figure 57: Interface relative à la recommandation de transition entre POIs	127

Liste des tableaux

Tableau 1 : Caractérisation de l'apprentissage mobile par une fonction	15
Tableau 2 : Les éléments liés au contexte de l'apprentissage mobile	20
Tableau 3 : Comparaison entre le e-learning et le m-learning	21
Tableau 4 : Convergence entre les technologies et les méthodes d'apprentissage	22
Tableau 5 : Caractéristique d'une sortie pédagogique.	23
Tableau 6 : Cas d'étude de sortie pédagogique.	26
Tableau 7: Caractéristiques de l'approche avec LMS.....	37
Tableau 8: Les plateformes d'apprentissage de type ad hoc dépendantes des domaines d'étude.	41
Tableau 9: Les plateformes d'apprentissage de type ad hoc indépendantes des domaines d'étude. ...	47
Tableau 10: Synthèse sur les différentes approches d'orchestration	50
Tableau 11: Comparaison entre les différentes approches de recommandation des POIs	68
Tableau 12: Description du scénario d'apprentissage mobile.....	72
Tableau 13: La matrice correspondante aux parcours prévus par l'instructeur dans la figure 22.....	76
Tableau 14: La matrice correspondante à la figure 23	77
Tableau 15: Classement des différents types d'orchestration	91
Tableau 16: Exemple de recommandation collaborative par score.....	104
Tableau 17: Synthèse des résultats de simulation	114
Tableau 18: Comparaison entre les deux prototypes de visite du campus.....	128

Introduction générale

L'informatique omniprésente est déjà au cœur de nombreuses applications (télémédecine, domotique, etc.). Les équipements mobiles (Tablette PC, Smartphone, etc.) sont de plus en plus utilisés dans les activités professionnelles, la vie quotidienne et l'apprentissage. Le développement des technologies telles que les communications sans fil (Wifi, Bluetooth, UMTS, etc.), la géolocalisation (GPS,...), les systèmes embarqués, les capteurs, les étiquettes RFID, etc. peuvent avoir une grande influence sur les dispositifs de formation.

Selon Weiser, l'évolution de ce type de technologies ouvre la voie à la définition de nouvelles infrastructures (ou services) et permet d'introduire les propriétés suivantes (Weiser, 1999) :

1) l'environnement physique devient une ressource d'apprentissage proprement dite (Laine & Joy, 2008) permettant le développement de compétences et l'acquisition de connaissances dans des situations réelles (Hundebol & Helms, 2006) et 2) l'extension des capacités d'interaction en situation d'apprentissage offre la possibilité d'acquérir de l'information mais également de la produire et de la diffuser vers les autres plus facilement (Wenger, 1998). Grâce à ces deux propriétés, l'apprentissage commence à sortir de plus en plus des salles de cours et à entrer dans des environnements moins classiques liés aux contextes des apprenants. Le scénario d'apprentissage devient ainsi situé, contextuel, personnel, collaboratif, et tout au long de la vie (Derycke, 2006).

Dans le domaine des Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain (EIAH), le « scénario pédagogique » peut être défini comme « une description effectuée a priori et a posteriori, du déroulement d'une situation d'apprentissage visant l'appropriation d'un ensemble précis de connaissances, en précisant les rôles, les activités ainsi que les ressources de manipulation des connaissances, outils, services et résultats associés à la mise en œuvre des activités » (Pernin, 2004).

Dans le cadre de cette thèse, nous définissons le terme « scénario d'apprentissage mobile » comme « un scénario pédagogique qui décrit une ou plusieurs activités d'apprentissage en situation de mobilité ». Par exemple, les sorties de terrain peuvent être considérées comme décrites par des scénarios d'apprentissage mobiles car elles permettent aux apprenants de réaliser des activités pédagogiques pendant leurs déplacements. En effet, ces types de scénarios font partie des processus de formation dans de nombreux domaines (biologie, géologie,...) car ils sont construits autour d'objectifs pédagogiques tout en permettant l'acquisition des connaissances par l'observation, l'interprétation, le développement des compétences techniques, les tests et l'analyse. Cependant, un des problèmes des EIAHs destinés aux sorties pédagogiques est l'organisation des activités d'apprentissage à réaliser selon l'intérêt et la localisation de l'apprenant.

Selon Dillenbourg, le terme « orchestration » fait référence à « la gestion en temps réel des graphes pédagogiques dont les activités se situent dans des plans distincts (individus, groupe, classe, communauté,...) et lient des couches d'informations digitales et physiques » (Dillenbourg, 2012). Ce concept permet de compléter la phase de scénarisation des EIAHs car il permet de guider et d'assister l'apprenant pour qu'il construise sa propre connaissance, avec les autres, pendant le déroulement de la visite (Giemza, Bollen, Seydel, Overhagen, & Ulrich Hoppe, 2010). D'autre part, les scénarios de type sortie pédagogique peuvent bénéficier de l'apport de l'omniprésence des technologies de l'information et de la communication (TIC) pour faciliter l'apprentissage de différentes façons. Cependant, bien que les périphériques mobiles puissent être utilisés pour fournir les ressources aux apprenants presque n'importe où et n'importe quand, les principales plateformes d'apprentissage existantes ne permettent pas aux enseignants de contextualiser les activités. Par conséquent, les enseignants (ou les tuteurs) ne peuvent pas ancrer ces activités aux bons endroits pendant le déroulement de la sortie pédagogique.

Les recherches actuelles sur l'apprentissage mobile couvrent plusieurs aspects comme la diffusion et l'adaptation de contenu ainsi que l'interaction de plusieurs appareils dans des scénarios informatiques omniprésents (Kurti, Milrad, Alserin, & Gustafsson, 2006). Cependant, peu de travaux s'intéressent aux moyens permettant l'organisation des activités d'apprentissage mobile en fonction du contexte de l'apprenant qui dépend fortement de sa position géographique et de l'historique des anciennes participations à la sortie pédagogique. Dans ce contexte de mobilité, l'enseignant a besoin de gérer en temps réel les activités d'apprentissage comme les tests, les feedbacks, le travail de groupe, etc. pendant le déroulement de la visite. Cependant, ce type d'orchestration traditionnelle engendre des coûts importants de tutorat car il nécessite la présence physique de « l'orchestrateur » avec les apprenants pendant toute la durée de la sortie pédagogique. D'autre part, ce type d'orchestration nous semble peu adapté aux scénarios d'apprentissage mobile car l'apprenant doit pouvoir avoir une certaine liberté de ses choix et de son parcours, et ne doit pas être obligé de suivre toutes les activités ordonnées par l'enseignant.

De nombreux travaux ont été réalisés dans le domaine des sorties pédagogiques afin d'adapter l'orchestration traditionnelle de l'apprentissage au contexte mobile de l'apprenant (Giemza, Bollen, Seydel, Overhagen, & Ulrich Hoppe, 2010). Toutefois, on ne retrouve pas de cadre général pour la conception et la mise en œuvre de ce type d'activités. La difficulté vient du fait que le scénario d'apprentissage dépend fortement de la localisation instantanée fournie par le Smartphone et de la liberté laissée aux apprenants qui peuvent agir face à de nouvelles situations comme l'apparition d'un nouvel obstacle sur le chemin de la visite, l'ajout d'un nouveau lieu à visiter, etc.

Dans le cadre de cette thèse, nous allons élaborer des techniques exploitant l'intelligence collective des apprenants pour proposer dynamiquement des recommandations de parcours personnalisés de POIs (Points Of Interest) à parcourir pendant la visite. Ces chemins reflètent le déroulement de notre scénario pédagogique et ils indiquent la forte dépendance entre les activités réalisées et les lieux parcourus par les apprenants. Notre travail devra aussi appréhender des dimensions comme la localisation géographique, l'historique des interactions des individus et les contraintes pédagogiques afin de définir un cadre pour la conception et la mise en place de scénarios d'apprentissage mobile.

Objectifs de la thèse

Nos travaux impliquent plusieurs domaines de recherche car ils visent à mettre en œuvre un apprentissage mobile dans le cadre des scénarios de type sortie pédagogique. En effet, de nombreux auteurs ont montré que l'apprentissage en mobilité a été reconnu pour sa capacité à motiver les apprenants pendant le déroulement de leurs visites car ils sont plus autonomes et transfèrent moins la responsabilité de leurs apprentissages sur l'enseignant ou le créateur de contenu (Sharples, Sanchez, Milrad, & Vavoula, 2009) (Hung, Lin, & Su, 2013) (Goodyear & Yang, 2009). Le but de cette thèse est de permettre l'orchestration des activités d'apprentissage mobile et l'implémentation des scénarios de type sortie pédagogique. Pour cette raison, nous avons décidé de répondre aux objectifs suivants :

- 1) Faire un état de l'art des différents travaux et prototypes existants concernant l'apprentissage mobile.
- 2) Mettre en évidence les spécificités liées à la description des scénarios de type sortie pédagogique et à l'orchestration des activités pendant le déroulement de la visite.
- 3) Identifier les différentes dimensions à prendre en compte dans le cadre du scénario de sortie pédagogique comme les types d'activités à faire, les éléments de contexte à intégrer, les schémas de collaboration à adopter,...
- 4) Élaborer des modèles et des infrastructures logicielles permettant d'associer informations, activités et localisation/contexte dans le cadre de scénarios pédagogiques mobiles.
- 5) Tester les prototypes réalisés à l'aide d'expérimentations avec des concepteurs (enseignants, tuteurs,...) et des apprenants afin de valider les concepts élaborés ainsi que les aspects logiciels et usage.

Pour atteindre les objectifs prévus, nous abordons les domaines suivants : l'apprentissage mobile, l'informatique omniprésente, les sorties pédagogiques, les techniques de localisation, les scénarios d'apprentissage mobile, l'orchestration des activités pédagogiques et la recommandation.

Organisation du mémoire

Cette thèse est structurée en deux parties : une partie état de l'art composée du Chapitre I, Chapitre II et Chapitre III ainsi qu'une partie contributions qui contient le Chapitre IV, le Chapitre V et le Chapitre VI.

Dans le chapitre I, nous commençons par présenter un état de l'art sur les différentes définitions de l'apprentissage mobile. Ensuite, nous expliquons le positionnement de l'apprentissage mobile dans le contexte de l'informatique omniprésente (ubiquitaire). Puis, nous introduisons les dimensions à intégrer dans le cadre de notre contexte d'apprentissage mobile. Avant de conclure ce chapitre, nous présentons la relation entre l'évolution des technologies actuelles et les différentes méthodes d'apprentissage associées ainsi qu'une première description du scénario de sortie pédagogique.

Dans le chapitre II, nous introduisons le concept d'orchestration dans les scénarios appliqués aux sorties pédagogiques, puis nous recensons les techniques d'orchestration des activités d'apprentissage mobile. Ensuite, nous classons ces techniques selon deux approches. La première est centrée sur le travail de l'enseignant et se base sur l'extension des plates-formes existantes comme les LMS¹. La deuxième approche repose sur la participation des apprenants et se base sur des plateformes de type ad hoc par exemple un blog pédagogique². Nous terminons ce chapitre en citons d'autres paradigmes d'orchestrations comme les SMAs et les ontologies qui peuvent aussi être utilisés pour l'organisation des activités d'apprentissage dans le cadre des sorties pédagogiques.

Dans le chapitre III, nous définissons le concept de recommandation des points d'intérêt (POI) dans le contexte des applications mobiles. Puis, nous nous intéressons aux techniques de recommandation des POIs qui utilisent des technologies de localisation comme le GPS, la RFID,... dans le cadre de l'apprentissage mobile. Ensuite, nous expliquons comment les systèmes de recommandation peuvent être utilisés dans le domaine de formation et des réseaux sociaux. Avant de conclure ce chapitre, nous nous focalisons sur la recommandation des POIs dans le contexte des sorties pédagogiques.

Dans le chapitre IV, nous commençons par la création d'un scénario de type sortie pédagogique. Ensuite, nous expliquons que la conception de ce dispositif de formation intègre les trois phases de la sortie pédagogique et permet l'association des activités d'apprentissage aux différents lieux à parcourir pendant le déroulement de la visite. Enfin, nous illustrons deux exemples de modélisation du scénario de visite de Zoo afin de mettre en évidence la variabilité de ce genre d'application d'apprentissage mobile.

Dans le chapitre V, nous proposons plusieurs styles d'orchestration des activités d'apprentissage mobile basées sur l'algorithme de colonies de fourmis (Dorigo, Maniezzo, & Colorni, 1996). Ces techniques permettent de faire la recommandation bio-inspirée des POIs pendant la sortie pédagogique en fonction du voisinage des POIs, la fréquentation des chemins, la pédagogie de l'instructeur (le scénario de la visite), la participation des apprenants (le score obtenu après la visite) et la collaboration. Les simulations présentées à la fin de ce chapitre permettent de valider le fonctionnement de ce moteur de recommandation.

Avant de conclure, nous présentons le système SAMSSP (Système d'Apprentissage Mobile dans des Situations de Sortie Pédagogique) qui permet l'implémentation du modèle conceptuel décrit dans le chapitre IV et du modèle de comportement simulé dans le chapitre V. La validation de ce système passe par la mise en place de deux prototypes permettant la découverte du campus universitaire « Oulad Fares » et par l'expérimentation du comportement des apprenants sur le terrain.

¹ http://fr.wikipedia.org/wiki/Learning_management_system

² https://fr.wikipedia.org/wiki/Blog#Blog_p.C3.A9dagogique

Partie I. État de l'art

Dans cette partie, nous étudions les caractéristiques principales de l'apprentissage mobile et les techniques d'orchestration qui peuvent être utilisées dans le cadre des scénarios de type sortie pédagogique. Après cette étude, nous proposons la recommandation des POIs comme une solution intéressante pour la mise en œuvre d'un apprentissage contextuel, situé et juste à temps auprès des apprenants pendant le déroulement de la visite. Ce travail d'état de l'art est structuré en trois chapitres :

Le chapitre I présente l'apprentissage mobile et ses caractéristiques (situé, contextuel, personnel, collaboratif,...) ainsi que les dimensions du contexte pédagogique mobile à intégrer dans le cadre d'une sortie pédagogique. Nous abordons aussi dans ce chapitre les modes d'adaptation des activités d'apprentissage en fonction de la localisation de l'apprenant et de l'historique de la visite.

Dans le chapitre II, nous allons nous focaliser sur les différentes techniques d'orchestration qui peuvent être appliquées dans des scénarios de type sorties pédagogiques. Ensuite, nous classons ces techniques selon différents aspects. Avant de conclure le chapitre II, nous expliquons que ces techniques ne supportent pas les situations imprévues lors de la phase de planification afin de justifier nos choix de conception du chapitre IV.

Enfin, nous introduisons le mode de fonctionnement des systèmes de recommandation dans le chapitre III. Nous y présentons les différents domaines où de tels systèmes peuvent être appliqués comme dans la formation, les réseaux sociaux, etc. Ensuite, nous nous intéressons aux aspects géographiques avec la recommandation des POIs dans le cadre des scénarios de type sortie pédagogique.

Chapitre I. L'apprentissage mobile et les sorties pédagogiques.

I.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous commençons par définir l'apprentissage mobile (*m-learning*) puis, nous introduisons l'apprentissage ubiquitaire (*u-learning*). Ensuite, nous nous focalisons sur les dimensions à intégrer dans le contexte d'un scénario d'apprentissage mobile afin d'expliquer les différentes possibilités d'adaptation des activités pédagogiques au contexte mobile des apprenants. Enfin, nous décrivons les caractéristiques liées aux scénarios appliqués aux sorties pédagogiques ainsi que les différents travaux existants dans ce domaine.

I.2. L'apprentissage mobile

L'apprentissage mobile ou le m-learning est devenu un thème de recherche très populaire car il existe de nombreux domaines de recherche qui abordent le sujet à partir de différents points de vue. En 1916, Dewey a donné une définition très précoce de l'apprentissage mobile comme: « A society which is mobile, which is full of channels for the distribution of a change occurring anywhere, must see to it that its members are educated to personal initiative and adaptability » (Dewey, 1916).

Ally et Traxler définissent le m-learning comme un apprentissage basé sur les technologies d'accès et de diffusion de contenus. Ces technologies permettent la diffusion des supports électroniques d'apprentissage sur des appareils informatiques mobiles pour en permettre l'accès à partir de n'importe où et à tout moment (Ally, 2004) (Traxler, 2005).

A. Derycke considère l'apprentissage mobile comme une version e-Learning adaptée aux usages mobiles des apprenants pour délivrer des formations à distance sur d'autres supports que les postes informatiques. Ainsi, grâce aux nombreuses applications disponibles, l'apprenant peut poursuivre sa formation où qu'il soit grâce à un appareil mobile que ce soit un Smartphone, un lecteur multimédia comme l'iPod, une tablette mobile telle l'iPad ou encore depuis une console de jeux portative (Derycke, 2006).

Selon M. Sharples, l'apprentissage mobile peut être défini comme le processus (à la fois personnel et public) permettant d'arriver à la connaissance à travers l'exploration et la mise en relation de différents contextes impliquant d'autres personnes et des technologies interactives (Sharples, Sanchez, Milrad, & Vavoula, 2009).

M. Laroussi, quant à elle pense que l'apprentissage mobile n'est qu'une partie d'un tout qui est constitué des outils d'apprentissage, de l'infrastructure de support, des contextes et des personnes qui se distribuent dans le temps et l'espace. Il permet notamment d'apprendre en contexte, mais aussi au travers des contextes (Laroussi, 2011).

A notre avis, la définition de l'apprentissage mobile est toujours en train d'évoluer car elle doit s'adapter à chaque fois à des nouveaux contextes physiques, technologiques et pédagogiques qui sont étroitement liés aux différents domaines d'application. Dans le cadre de notre thèse, nous nous intéressons aux caractéristiques de l'apprentissage mobile. Ces caractéristiques sont décrites par Laouris sous forme d'une fonction qui dépend de plusieurs paramètres comme le temps, l'espace, l'environnement d'apprentissage, le contenu, la technologie, le profil de l'apprenant et la méthode utilisée (Laouris, 2005) (Voir le tableau 1).

Tableau 1 : Caractérisation de l'apprentissage mobile par une fonction

Apprentissage Mobile = F (T, S, LE, C, IT, MM, M)
T: TEMPS
S: ESPACE
LE: ENVIRONNEMENT D'APPRENTISSAGE
C: CONTENU
IT: TECHNOLOGIE
MM: PROFIL DE L'APPRENANT
M: METHODE

I.3. L'apprentissage ubiquitaire

Le terme « informatique ubiquitaire » est équivalent aux termes « informatique ambiante » ou « informatique omniprésente » et il vient de l'anglais « ubiquitous computing ». Ce dernier est inventé par Mark Weiser au début des années 1990 qui le décrit comme suit : « les technologies les plus profondes sont celles qui sont devenues invisibles. Celles qui, nouées ensemble, forment le tissu de notre vie quotidienne au point d'en devenir indissociables ». Par conséquent, sa vision permet aux gens et à l'environnement avec la combinaison des diverses technologies informatiques d'échanger des informations et des services à tout moment et n'importe où (Weiser, 1999).

Sakamura et Koshizuka, pensent que l'informatique ubiquitaire peut être considérée comme « une nouvelle tendance des technologies de l'information et de la communication (TIC) » (Sakamura & Koshizuka, 2005). Ces technologies détectent le contexte de l'utilisateur afin de lui fournir des services dépendants de sa situation courante. Ce type d'adaptation dynamique donne naissance à une forme

d'intelligence ambiante (Zaidenberg, 2010). Dans ce contexte, l'informatique ubiquitaire devient la troisième ère de l'histoire de l'informatique, qui succède à l'ère des ordinateurs personnels et celle des ordinateurs centraux (Waldner, 2007). Dans cette ère, l'utilisateur a à sa disposition une gamme de petits appareils informatiques tels que les Smartphones ou les tablettes, et leurs utilisations font partie de sa vie quotidienne. Ces appareils facilitent l'accès à l'information pour tout le monde, n'importe où et n'importe quand. Les utilisateurs ont alors la possibilité de s'échanger des données facilement, rapidement et sans effort, quelle que soit leurs positions géographiques (Hansmann, 2003). Dans ce qui suit, la figure 1 montre l'évolution des ordinateurs et met en évidence la course à la miniaturisation et à la diffusion dans le milieu ambiant.

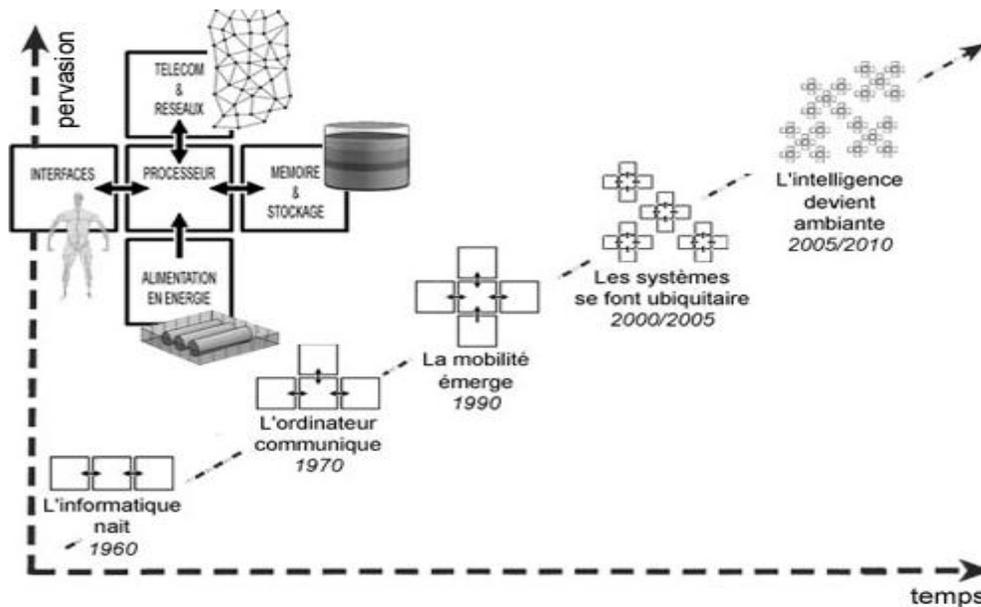


Figure 1 : L'évolution des ordinateurs et l'apparition de l'intelligence ambiante (Waldner, 2007)

Selon Saadiah, l'apprentissage ubiquitaire ou pervasif (*u-learning, ubiquitous learning, pervasive learning*) est un nouveau paradigme de l'apprentissage. Il peut être considéré comme une extension des paradigmes antérieurs d'apprentissage comme le passage de l'apprentissage conventionnel à l'apprentissage distanciel (e-learning) ou comme la transition de ce dernier vers l'apprentissage mobile (m-learning) (Saadiah, Erny, & Kamarularifin, 2010).

Lyytinen et Yoo considèrent que l'apprentissage ubiquitaire est étroitement lié à l'évolution de l'informatique omniprésente qui a été accéléré par l'amélioration des capacités des réseaux de télécommunications sans fil, l'augmentation de la puissance de calcul et l'autonomie des batteries ainsi que l'émergence de nouvelles architectures logicielles. Cette évolution des technologies permet aux apprenants d'intégrer des activités d'apprentissage individuelles dans leurs vies quotidiennes (Lyytinen & Yoo, 2002). Cependant, comme mentionné par Hwang, il n'y a pas de définition claire de l'apprentissage ubiquitaire à cause des changements rapides des environnements d'apprentissage. Jusqu'à présent, les chercheurs ont des différents points de vue sur la définition du terme « u-learning » (Hwang, Chu, Lin, & Tsai, 2011).

Dans ce qui suit et afin d'éviter la confusion entre les termes «apprentissage n'importe où et à tout moment» et «apprentissage par la technologie de l'informatique omniprésente », nous adoptons la définition suivante de l'apprentissage ubiquitaire : «U-learning is a learning paradigm which takes place in a ubiquitous computing environment that enables learning the right thing at the right place and time in the right way » (Saadiah, Erny, & Kamarularifin, 2010). Cette définition nous semble proche du contexte des scénarios de sortie pédagogique. En effet, l'apprentissage ubiquitaire peut prendre en compte la localisation des apprenants pour fournir des activités d'apprentissage ancrées par l'instructeur sur des POIs pendant la phase de planification. Nous constatons que la définition de « l'apprentissage mobile » est presque similaire à celle de « l'apprentissage ubiquitaire » dans le cas d'un scénario basé seulement sur la localisation comme paramètre relatif à l'environnement d'apprentissage. Dans ce qui suit, nous utilisons « l'apprentissage mobile » au lieu de « l'apprentissage ubiquitaire » pour désigner l'apprentissage en fonction du contexte géographique des apprenants pendant le déroulement d'une sortie pédagogique.

I.4. Les différentes dimensions du contexte d'apprentissage mobile

Dans le cadre de cette thèse, nous nous intéressons à la compréhension du comportement des apprenants en situation de mobilité qui passe par la collecte des traces d'activités et de déplacements. En effet, ces traces permettent de visualiser les parcours empruntés mais aussi de fournir des modèles statistiques de leurs évolutions (Benayoune & Lancieri, 2005). Des travaux ont par exemple montré les propriétés de self-similarités permettant de décrire la cohérence de ces déplacements (Lancieri, 2007). En effet, plusieurs travaux se basent sur plusieurs éléments comme la localisation géographique, le profil de l'apprenant ou l'historique des visites pour décrire le contexte de l'apprenant dans le cadre des scénarios d'apprentissage mobile. Ces éléments peuvent être divisés en deux :

- 1) les dimensions qui sont indépendantes du domaine d'application comme la localisation, le type de Smartphone utilisé, etc. (Chen & Kotz, 2000)
- 2) les dimensions qui concernent le contexte du processus d'apprentissage comme le profil de l'apprenant, les activités à faire, les aspects sociaux, etc. (Lonsdale, 2004).

Dans ce qui suit, nous allons commencer par nous focaliser sur la prise en compte du contexte de l'apprenant pendant son apprentissage en mobilité. Pour répondre à cet objectif, nous recensons les cinq dimensions suivantes :

a). La dimension temporelle

Cette dimension peut être utilisée pour déterminer le fuseau horaire ainsi que l'heure à laquelle se déroule l'activité de l'apprenant. Elle permet de préciser aussi le début et la fin d'une visite, la durée des activités, le moment de consultation d'une ressource ainsi que le planning de travail. Par exemple, nous pouvons annoter toutes les photos et vidéos associées à une sortie pédagogique par leurs moments de création liés à leurs localisations. Nous pouvons aussi utiliser des relations temporelles comme par exemple : après, avant, dans, à partir de, depuis, etc. pour faire la gestion en temps réel et la planification des tâches d'apprentissage mobile (Moldovan, Clark, & Harabagiu, 2005).

b). La dimension spatiale

Cette dimension décrit la localisation physique d'un apprenant dans un système à l'aide de technologies comme le GPS³, RFID⁴, NFC⁵ ou QR code⁶. Elle peut aussi spécifier un emplacement virtuel dans un réseau grâce à une adresse IP.

c). La dimension matérielle

Cette dimension concerne les dispositifs mobiles (PDA, le Smartphone, l'ordinateur portable, la tablette, etc.) et les dispositifs pervasifs (des grands écrans LCD, des bornes, des capteurs fixes, des hauts parleurs, etc.). Elle décrit aussi les ressources informatiques (puissance du processeur, la bande passante, les pilotes, les systèmes d'exploitation,...).

d). La dimension contexte d'apprentissage

Dans certains systèmes, il est nécessaire de mesurer les caractéristiques de l'environnement de l'utilisateur afin de déclencher une alarme ou de régulariser le fonctionnement du système. L'acquisition des informations contextuelles peut être faite par des techniques et des capteurs tels que : photodiodes, capteurs de couleur, capteurs infrarouge et d'ultraviolet, thermomètres numériques, microphones, etc. (Pham Nguyen, 2010).

e). La dimension ressources pédagogiques

Le terme « objet d'apprentissage » (ressource d'apprentissage) émerge au milieu des années 1990 ce qui amènera à proposer un standard, le LOM (Learning Object Metadata⁷), au début des années 2000. L'objectif est alors de rentabiliser la production et de développer la réutilisation.

À la fin des années 1990, l'apparition des LMS conduit à se poser la question de l'exploitation technique des objets d'apprentissage avec internet, d'où l'apparition de SCORM⁸ (Sharable Content Object Reference Model) qui enrichit le standard LOM avec notamment un modèle d'agrégation un peu différent et un environnement d'exécution qui permet de surveiller l'activité d'un apprenant dans un LMS (Pernin, 2004).

Dix ans plus tard, l'intégration des activités au lieu des objets dans la conception de situations d'apprentissage devient centrale. Pour cela, le modèle IMS-LD⁹ (IMS Learning Design) a été créé pour permettre la conception de scénario de formation autour des activités à réaliser par les apprenants (Pernin, 2005).

f). La dimension utilisateur

Les utilisateurs dans notre système d'apprentissage sont les apprenants, les visiteurs, les instructeurs (les enseignants), les tuteurs (guides), etc. Ces acteurs peuvent être décrits grâce à deux types d'informations : (1) des informations générales comme le nom, le prénom, l'âge, la date de naissance,

³ http://fr.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System

⁴ <http://fr.wikipedia.org/wiki/Radio-identification>

⁵ http://fr.wikipedia.org/wiki/Communication_en_champ_proche

⁶ http://fr.wikipedia.org/wiki/Code_QR

⁷ http://fr.wikipedia.org/wiki/Learning_Object_Metadata

⁸ http://fr.wikipedia.org/wiki/Sharable_Content_Object_Reference_Model

⁹ <http://www.imsglobal.org/learningdesign/>

la nationalité, la langue maternelle, etc. et (2) des informations qui concernent le scénario d'apprentissage mobile comme le but recherché par les apprenants, leurs préférences, leurs centres d'intérêt, leurs pré requis, etc.

g). La dimension des activités du scénario

Dans la littérature, nous pouvons trouver plusieurs formalismes pour modéliser les activités à réaliser dans un scénario d'apprentissage. Citons par exemple : (1) le modèle IMS LD (Burgos, Arnaud, Neuhauser, & Koper, 2005), (2) le modèle de tâches hiérarchiques (Tetchueng, Garlatti, & Laube, 2008), (3) le modèle de workflow d'activités (Giemza, Bollen, Seydel, Overhagen, & Ulrich Hoppe, 2010, etc. Le choix de l'un de ces modèles dépend du type d'orchestration des activités à adopter pour le scénario d'apprentissage. Dans le chapitre V de cette thèse, nous abordons en détail l'élaboration des modèles de comportement destiné à notre scénario d'apprentissage en mobilité.

I.5. L'adaptation au contexte d'apprentissage mobile

Les cinq dimensions décrites précédemment permettent d'adapter le comportement des apprenants aux besoins pédagogiques tels que les objectifs d'apprentissages et les centres d'intérêts. D'autre part, elles doivent prendre en compte les caractéristiques personnelles de l'apprenant. Citons par exemple, son niveau de formation ainsi que des contraintes opérationnelles comme l'emplacement des activités à réaliser et les déplacements du groupe d'apprenants (Wu, Chang, Chang, Liu, & Heh, 2008).

Le terme « adaptation » aborde la prise en compte de la situation des apprenants selon les besoins d'apprentissage (objectifs, intérêts) et les caractéristiques personnelles de l'apprenant (styles d'apprentissage, pré requis,...) dans le cadre de la conception de ce scénario.

En conséquence, la « personnalisation » peut être défini simplement comme une forme particulière d'adaptation¹⁰ qui traite des paramètres spécifiés par les apprenants eux-mêmes comme l'interface du système, la langue préférée ou d'autres fonctionnalités qui rendent le système plus personnel (Martin & Carro, 2009).

Dans le cadre de notre thèse, le contexte du scénario d'apprentissage mobile peut être divisé en deux parties : (1) les informations contextuelles de l'apprenant et (2) les informations relatives aux différents types d'adaptations qui peuvent être effectuées (Graf & Kinshuk, 2008).

Dans ce qui suit, le tableau 2 permet de classer les éléments liés au contexte de l'apprentissage mobile (Zervas, Gomez, Fabregat, & Sampson, 2011) :

¹⁰ <http://fr.slideshare.net/phish108/adaptation-and-personalization>

Tableau 2 : Les éléments liés au contexte de l'apprentissage mobile.

	Dimensions	Éléments
Contexte pédagogique	Scénarisation d'apprentissage	Les objectifs pédagogiques de conception. La stratégie pédagogique, les activités d'apprentissage. Les rôles des différents acteurs du scénario. Les ressources d'apprentissage,...
	Profil d'apprenant	Le profil de compétence (connaissances, compétences, attitudes) Le rôle à jouer dans la formation (expert, apprenant,...) Les caractéristiques personnelles (le style d'apprentissage, les intérêts, les prérequis)
Contexte mobile	Informations temporelles	L'humeur, les préférences, les besoins, les intérêts
	Personnes	Rôle, relation, les contributions et les contraintes
	Lieux	Localisation, zones, espace interactif, le contexte culturel,...
	Les artefacts	Technologique : les propriétés physiques et les propriétés numériques, et non technologique
	Le temps	Les durées des tâches, tâche planifiée, la disponibilité
	Les conditions physiques	Niveau d'éclairage, niveau de bruit, et les conditions météorologiques

Dans la littérature, nous pouvons identifier deux principales catégories d'adaptation liées à la sensibilité au contexte et aux scénarios d'apprentissage mobile : (1) celle relative aux ressources pédagogiques et (2) celle concernant les activités d'apprentissage. Cependant, dans le cadre de cette thèse, nous allons nous intéresser aux différents types d'adaptation des activités d'apprentissage en mobilité. Selon Graf, ces types d'adaptation peuvent être divisés comme suit (Graf & Kinshuk, 2008) :

a) Adaptation générale :

Ce type d'adaptation permet la génération automatique des activités d'apprentissage individuelles basées sur différents critères issus des éléments contextuels des apprenants comme décrit dans le tableau 2 (Gomez, Zervas, Sampson, & Fabregat, 2012).

b) Adaptation des Feedbacks et des supports :

Ce type d'adaptation fournit aux apprenants des conseils personnalisés au bon moment et des suggestions d'activités d'apprentissage appropriées en fonction des éléments contextuels comme par exemple l'emplacement de l'apprenant ou les prérequis (Ogata, Akamatsu, & Yano, 2005) (Paredes, et al., 2005).

c) Adaptation de navigation :

Ce type d'adaptation permet de proposer des activités appropriées dans les situations du monde réel par exemple au cours d'une sortie pédagogique. En effet, les apprenants peuvent être guidés à effectuer des activités d'apprentissage dépendante de l'emplacement selon un chemin de navigation structuré de manière dynamique (Hwang, Chu, Lin, & Tsai, 2011) (Wang & Wu, 2011).

d) Adaptation des communications et des interactions :

Ce type d'adaptation permet aux apprenants de réaliser des activités d'apprentissage avec les autres afin de mieux construire leurs propres connaissances. Par exemple, trouver les pairs en fonction de leur emplacement, construire des groupes d'apprentissage, partager des connaissances avec des experts, demander conseils ou l'aide pour résoudre des problèmes spécifiques,... (Martin, Sancristobal, Gil, Castro, & Peire, 2008) (El-Bishouty, Ogata, Rahman, & Yano, 2010).

Dans le chapitre V, nous allons combiner ces quatre types d'adaptation afin d'intégrer des dimensions de contexte comme la localisation et le profil des apprenants dans le cadre de la conception de notre scénario de sortie pédagogique.

I.6. Évolution des méthodes d'apprentissage

L'évolution des technologies peut avoir une grande influence sur l'apprentissage. Par exemple, le passage du e-learning vers le m-learning est accompagné par les changements qui concernent : (1) le dispositif de formation et les technologies (de l'ordinateur fixe au dispositif mobile) et (2) le lieu d'apprentissage (de la salle des cours vers la visite de terrain). Le tableau 3 proposé dans (Laouris, 2005) compare le e-learning au m-learning.

Tableau 3: Comparaison entre le e-learning et le m-learning

e-Learning	m- Learning
PC (fixe)	Smartphone (mobile)
Apprentissage dans les salles des classes et les laboratoires avec accès internet	Apprentissage n'importe où, n'importe quand
Bande passante limitée	GPS, GPRS, 3G, Bluetooth,...
Interactive (E-mail,...)	Spontanée (Messagerie instantanée,...)
Collaborative (groupe limité)	En réseaux (groupe étendu)
Enseignement à distance	Apprentissage situé et à distance
Apprentissage plutôt formel	Apprentissage plutôt informel
Situation de formation organisée	Situation réelle de formation spontanée

D'autre part, Sharples analyse les caractéristiques des dispositifs mobiles, et proposent leurs utilisations dans de nouvelles méthodes d'apprentissage, comme décrit dans le Tableau 4 (Sharples, 2000).

Tableau 4: Convergence entre les technologies et les méthodes d'apprentissage

Caractéristique des dispositifs mobiles	Méthodes d'apprentissage associées
Personnel	Personnalisée
Centré sur l'utilisateur	Centrée sur l'apprenant
Mobile	Située (contextuelle)
Connexion réseaux	Collaborative
Durable	Au long de la vie

Actuellement, les technologies mobiles ont beaucoup mûri. Beaucoup de nouvelles approches apparaissent pour mettre l'accent sur la pédagogie utilisée dans la conception des scénarios d'apprentissage mobile. Dans ce contexte, Naismith et al. (2004) proposent d'organiser les activités d'apprentissage mobile en six axes et distinguent des méthodes, comme l'apprentissage comportementaliste, constructiviste, situé, collaboratif, tout au long de la vie, et l'adaptation de support pour l'apprentissage et l'enseignement (Naismith, Lonsdale, Vavoula, & Sharples, 2004).

D'autre part, plusieurs études sur la sensibilité au contexte et la personnalisation des activités d'apprentissage en mobilité ont montrés que l'apprentissage mobile gagne des parties significatives de notre vie et dépend de nos activités quotidiennes (la réception de mail, un appel téléphonique,...) (Specht & Ebner, 2011). En outre, la durée de validité de l'information devient de plus en plus courte et les connaissances d'aujourd'hui peuvent être obsolètes demain. Ces contraintes représentent un vrai défi pour la conception du processus de formation ainsi que pour le choix de la méthode d'apprentissage (Sharples, Sanchez, Milrad, & Vavoula, 2009). Selon Nouri, l'apprentissage mobile peut soutenir et renforcer l'apprentissage centré sur l'apprenant et les différentes pratiques d'apprentissage situés. Cependant, une évaluation critique et approfondie est nécessaire afin de mieux comprendre à la fois le potentiel et les inconvénients émergents des activités d'apprentissage mobile. Ceci peut être fait, par exemple à l'aide de l'analyse des sondages, des questionnaires, etc. (Nouri, 2014).

Dans ce contexte, la démarche d'investigation scientifique (Inquiry-Based Learning (IBL)) peut être considérée comme une solution intéressante pour la conception des scénarios mobile d'apprentissage car c'est une méthode centré principalement sur le travail de l'apprenant. Cette méthode commence en posant des questions, des problèmes ou des scénarios plutôt que de présenter simplement des faits établis ou décrivant un chemin vers la connaissance. Ce processus de formation est souvent assisté par un facilitateur d'apprentissage suivi par des investigateurs qui vont identifier les questions de recherche pour développer leurs propres connaissances (Bruner, 1961).

Des travaux plus récents ont aussi montré le potentiel de ces méthodes pour favoriser l'émergence de connaissance et l'apprentissage collaboratif (Veilleroy, Eurin, Hoogstoel, & Lancieri, 2013) (Lancieri, Lavallard, & Manson, 2005). Dans ce qui suit, le chapitre IV va décrire en détail comment nous combinons ces méthodes dans le cadre de la conception de notre scénario d'apprentissage mobile.

I.7. Les sorties pédagogiques

Une sortie pédagogique fait référence à « un groupe d'élèves accompagnés d'un ou plusieurs adultes qui sort ponctuellement en dehors de l'enceinte de l'établissement pour une heure, une demi-journée ou une journée pendant le temps scolaire » (Carretier & Cidognet, 2000). Ce type d'apprentissage fait partie du programme d'études pour de nombreux domaines (biologie, géologie, ...) car il permet de situer les apprenants dans un environnement qui leur permet d'acquérir des connaissances par l'observation, l'interprétation, le développement des compétences techniques, les tests et l'analyse (Lamarti, Ben-bouziane, Akrim, & Talbi, 2009). En effet, le terrain à visiter constitue une situation pédagogique de choix offrant aux apprenants la possibilité de remettre en cause leurs conceptions et de construire une problématique proche de leurs besoins et de leurs préoccupations (Lacoste, 2000).

Dans ce contexte, le but de la sortie pédagogique est généralement de retirer les apprenants de leurs quotidiens scolaires et de les mettre dans un environnement qui leur permet d'avoir des nouvelles expériences. Certains objectifs généraux de la visite de terrain comprennent l'acquisition de connaissances en observant les objets dans leurs environnements naturels et éventuellement recueillir des échantillons (Meek, FitzGerald, Priestnall, & Sharples, 2013).

I.7.1. Les phases d'une sortie pédagogique

Selon (Krepel & DuVall, 1981), les activités de la sortie pédagogique peuvent généralement être divisées en trois phases distinctes : (1) La phase « avant visite » qui permet de faire la planification de la visite sur le terrain, (2) le déplacement lui-même en tant que deuxième phase, et enfin (3) la phase « après visite » qui intègre les activités de suivi, comme les rapports de visite, les exposés, les tests et / ou les questionnaires de satisfaction des apprenants. Le tableau 5 résume la relation entre ces phases, la localisation de l'apprentissage et les acteurs dans le cadre d'une sortie pédagogique.

Tableau 5: Caractéristique d'une sortie pédagogique.

Phase	Localisation	Acteurs
Avant visite	Dans la classe	Enseignant
La visite	En dehors de la classe	Apprenants
Après visite	Dans la classe	Enseignant et Apprenants

La première phase est planifiée par l'enseignant, alors que la visite sur le terrain ainsi que la phase après visite s'appuient beaucoup plus sur les activités réalisées par les apprenants. L'emplacement de la visite ne peut avoir lieu qu'en dehors de la salle de classe, alors que les phases avant visite et après visite peuvent se situer à l'intérieur ou à l'extérieur de la classe.

Avant de commencer la visite, l'enseignant prépare les POIs à visiter par les apprenants dans le cadre des objectifs formels de la sortie pédagogique. Ensuite, les apprenants vont entreprendre plusieurs activités d'apprentissage en fonction des groupes d'apprenants formés pendant leurs déplacements. Selon les objectifs communs à atteindre, la collaboration concerne diverses activités à

réaliser sur le terrain. Il peut s'agir de collecte des données par des photos, l'enregistrement des vidéos, la réalisation d'interviews ou la prise de notes. La dernière phase de la visite est généralement réalisée à l'intérieur de la salle de classe en petits groupes ou avec l'ensemble des apprenants. L'accent sera mis sur les résultats de la sortie pédagogique et sur l'analyse des données recueillies. Généralement, les apprenants vont présenter leurs résultats à l'enseignant et à la classe pour plus de discussions et de réflexions (Giemza, Bollen, Seydel, Overhagen, & Ulrich Hoppe, 2010).

I.7.2. Les types de sorties pédagogiques :

Dans le cadre de cette thèse, nous allons faire la distinction entre deux types de sortie pédagogiques : (1) sortie pédagogique avec support mobile et (2) sans support technologique (Nouri, 2014).

a) La sortie pédagogique sans support informatique :

Dans ce type de visite, les activités d'apprentissage traditionnelles sont divisées en trois catégories d'activités : (1) des activités d'introduction, (2) de découverte sur le terrain et (3) d'analyse et de débriefings. Le but de l'activité d'introduction est de laisser les apprenants comprendre les objectifs d'apprentissage visés par l'enseignant et les tâches à réaliser pendant la visite.

Pendant le déroulement du scénario, l'enseignant explique aux apprenants les activités à réaliser et fournit des informations sur les différentes questions posées tout en laissant la possibilité aux apprenants de poser leurs propres questions. Les apprenants doivent être assistés par l'enseignant pendant la prise des photos, la collecte des échantillons, etc.

Après la visite, l'enseignant invite les apprenants à examiner les activités réalisées (échantillons collectés, les photos prises, ...) et à discuter sur l'expérience vécue par chaque participant à la visite (Nouri, 2014). Par exemple, à leurs arrivées dans une ville, beaucoup de touristes font appel à des guides pour les aider à visiter les monuments historiques, les musées, etc. Ce type d'apprentissage nécessite la présence physique des guides et engendrent des contraintes comme la prise de rendez-vous, le coût, le suivi des activités proposées au groupe, etc.

b) La sortie pédagogique avec support informatique mobile :

Dans ce type de scénario, les activités d'apprentissage mobile sont aussi divisées en trois activités principales : (1) l'activité d'introduction qui fournit aux étudiants l'occasion de se familiariser avec la technologie utilisée et de comprendre les tâches à effectuer pendant la visite guidée, (2) les activités sur le terrain que les apprenants doivent réaliser à l'aide du support mobile (Smartphone, tablette, ...) et (3) l'activité d'interaction avec l'enseignant qui permet d'assister les étudiants seulement quand ils demandent son aide (Nouri, 2014).

Dans ce contexte, les technologies mobiles permettent aux enseignants et aux apprenants d'apprendre loin de la salle de classe. Cela peut être réalisé grâce à un dispositif mobile qui permet la collecte de données, l'enregistrement des images ou des vidéos tout en intégrant la composante de localisation.

D'autre part, les technologies mobiles offrent aux apprenants la possibilité de prendre des notes sur le terrain pour l'analyse en classe. Cela permet de remplacer le carnet de terrain traditionnel (Nouri, 2014).

En outre, au cours des dernières années, la démocratisation des appareils numériques nomades (Smartphones, tablettes) a poussé les touristes vers des guides dématérialisés (des applications mobiles) qui permettent de répondre aux contraintes des scénarios de type sorties pédagogiques grâce à l'utilisation des fonctionnalités suivantes :

(a) Le GPS : le système d'apprentissage basé sur le GPS est en mesure de guider les apprenants dans le monde réel en détectant leurs emplacements, il peut ainsi fournir en temps réel des supports d'apprentissage (par exemple, des conseils, des avertissements ou des documents complémentaires) pour les participants à la sortie pédagogique.

(b) Le Multimédia : les apprenants peuvent à chaque moment prendre des photos et enregistrer des notes en texte simple, en audio ou en vidéos. Cela facilite la collecte de données à partir du site visité et permet à chaque apprenant de faire sa propre évaluation de la visite.

(c) L'accès à Internet : la disponibilité d'un accès permanent à l'internet permet aux apprenants de partager leurs expériences en temps réel, de consulter les informations sur des objets qui les intéressent et de communiquer entre eux (chat, forum).

I.7.3. Travaux existants sur les sorties pédagogiques

Bien que les Smartphones soient riches de fonctionnalités comme la prise des photos, la capture du son, l'enregistrement de vidéo, la localisation des lieux,... ils ne fournissent pas nécessairement une meilleure aide à l'apprentissage. Par exemple, la précision du GPS peut être affectée dans des montagnes ou des bâtiments et la haute définition des écrans de Smartphones peuvent être limitée par les reflets de la lumière du soleil, etc. Le défi réside dans l'exploitation des propriétés de ces dispositifs afin de permettent un apprentissage efficace dans le domaine choisi par l'enseignant.

Le tableau 6 présente les principaux projets abordés dans le cadre des scénarios de type sortie pédagogique tout en précisant leurs apports dans le domaine de l'apprentissage. Ce tableau peut aussi être considéré comme un guide pour ceux qui envisagent l'utilisation de dispositifs mobiles dans le cadre de leurs dispositifs de formation (Meek, FitzGerald, Priestnall, & Sharples, 2013) :

Tableau 6 : Cas d'étude de sortie pédagogique.

Nom de projet	Caractéristiques principales	Enjeux d'apprentissage
Cornocopia/Plantations Pathfinder (1997)	Identification des plantes dans la forêt à travers un texte sur l'appareil mobile.	Fournir des informations adaptées à l'emplacement et permettre une prise de notes sur le terrain.
Ambient Wood (2003)	Zone boisée couverte en WIFI qui permet aux dispositifs mobiles de fournir des informations sur les lieux.	Apprentissage immersif et divertissant selon le principe de la chasse au trésor
Environmental Detectives (2008)	Dispositifs utilisés pour simuler un déversement de produits toxiques pour lesquels les étudiants devaient trouver la source.	Simuler un scénario dangereux. Les élèves doivent recueillir des échantillons pendant la visite selon leurs choix et leurs décisions.
MyArtSpace (2009)	Appareils mobiles utilisés pour enregistrer des informations relatives à un musée afin de les récupérer à une date ultérieure.	Étudiants sont encouragés à discuter et à réfléchir sur le déroulement de leurs apprentissages (conclusions et collections) après la visite de terrain.
Augmenting the Visitor Experience (2009)	L'évaluation par les étudiants d'un ensemble de différentes technologies visant à augmenter l'expérience du visiteur.	Permettre aux étudiants de réfléchir sur ce qui fonctionne et ce qui ne fonctionne pas dans les technologies basées sur la localisation.
LillyPad (2010)	Appareils mobiles utilisés pour enregistrer et consulter les statistiques de l'environnement couvrant un certain nombre de saisons.	Données réelles collectées et analysées sur le terrain. Réduction du temps de saisie des données nécessaires à la discussion et la prise de décision pendant la visite.
Out There, In Here (2010)	Une combinaison des apprenants sur le terrain et des étudiants en classe pour faire une visite « virtuellement »	Permettre à des apprenants de participer à distance à une excursion alors qu'ils ne sont pas en mesure d'accéder à son terrain.
Hidden Histories: To the Castle! (2012)	Permettre l'apprentissage de l'histoire publique à travers deux formes différentes de guides audio.	Favoriser la reconstruction des faits historiques grâce aux sites visités, à la discussion et à l'interprétation des faits par les historiens.

Plusieurs institutions ont trouvé des façons intéressantes d'intégrer des codes QR, des étiquettes RFID ou des codes NFC dans le cadre d'un apprentissage qui prend en compte la mobilité des apprenants. Nous allons décrire dans la suite des projets qui expliquent comment ces technologies peuvent être utilisées sur les téléphones mobiles afin de lier physiquement des objets existants (des bâtiments, des laboratoires, des salles de classe,...) avec des contenus d'apprentissage (Vazquez-Briseno, et al., 2012). L'université de Bath utilise les codes QR dans la bibliothèque afin de fournir des informations sur les livres. Elle a développé une amélioration de la plateforme « Moodle¹¹ » dans le but d'inclure automatiquement le code QR correspondant à l'URL de certains cours particuliers.

¹¹ C'est plate-forme très populaire dans le monde de la formation.

Outre cela, elle a ajouté des codes QR sur les affiches du campus pour permettre l'accès à des informations qui dépendent fortement de la localisation (Law & So, 2010).

Selon Susono et Shimomura, au Japon près de 100% des collégiens ont des téléphones mobiles, pour cette raison, ces derniers sont couramment utilisés à des fins éducatives. Par exemple, les élèves d'une classe peuvent répondre à un sondage en utilisant leurs appareils mobiles et des codes QR pour choisir parmi les différentes options proposées par l'enseignant. Ensuite, ils envoient la réponse à un serveur et l'enseignant peut avoir une rétroaction immédiate afin d'améliorer l'apprentissage de sa classe si cela est nécessaire (Susono & Shimomura, 2006).

Liu, et al. (2009) ont proposé un outil qui utilise des appareils mobiles et des étiquettes RFID pour l'apprentissage des sciences naturelles à l'extérieur de la classe. Les étiquettes RFID sont situées sur plusieurs objets d'apprentissage et peuvent être utilisées par l'apprenant afin de télécharger des contenus sensibles au contexte de l'appareil mobile. L'apprenant peut alors parcourir immédiatement le contenu fourni qui peut inclure de l'audio, du contenu vidéo et de la réalité augmentée. Dans ce travail, un PDA a été utilisé pour lire des étiquettes RFID, cependant des travaux similaires pourraient être mis en œuvre à l'aide de téléphones mobiles et de technologie NFC (Liu, Tan, & Chu, 2009).

Ces technologies peuvent être également très utiles pour l'apprentissage des langues comme cela a été montré par (Law & So, 2010) qui a proposé l'intégration de codes QR pour un exercice d'écoute d'Anglais. Dans ce projet, les codes QR contenant les liens directs vers des sites Web pour la lecture audio sont placés sur des feuilles de calcul. Les liens audio du code QR directement accessibles sont préparés par les enseignants avant le début du processus de formation. Notons que des travaux similaires peuvent être mis en œuvre en utilisant des étiquettes RFID ou NFC.

L'intégration des techniques de localisation comme le GPS, les codes QR, les étiquettes RFID ou le NFC dans le domaine de l'éducation peut être placée dans le contexte de l'apprentissage mobile ou ubiquitaire. En effet, ce type d'apprentissage permet aux utilisateurs d'apprendre sans restriction d'emplacement en utilisant des technologies de positionnement et des applications mobiles. Pour cette raison, plusieurs institutions cherchent à intégrer de plus en plus ces mécanismes d'apprentissage (technologies mobiles, capteurs) dans leurs dispositifs de formations.

I.8. Conclusion du chapitre I

Ce chapitre a présenté l'apprentissage mobile sous l'influence du développement des technologies et des exigences des scénarios de type sortie pédagogique. Cependant, l'intégration des dimensions liées à la mobilité et à l'historique ainsi que l'adaptation des activités mobiles d'apprentissage au contexte des sorties pédagogiques sont toujours des points essentiels à étudier. Dans le chapitre qui suit, nous allons nous concentrer sur l'apport des techniques d'orchestration dans le contexte d'apprentissage mobile.

Chapitre II. Les techniques d'orchestration des activités d'apprentissage mobile

II.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons faire une étude bibliographique sur les techniques d'orchestration des activités d'apprentissage mobile qui sont utilisées dans le cadre des scénarios de type sortie pédagogique. Ces techniques peuvent prendre en compte la localisation des apprenants ainsi que l'historique de leurs activités. Ensuite, nous comparerons les méthodes d'orchestration entre elles selon plusieurs aspects afin de recenser leurs avantages et leurs inconvénients. Avant de conclure, nous classerons les scénarios existants selon différents critères comme l'utilisation de LMS et la dépendance par rapport au domaine d'application.

II.2. L'orchestration et les sorties pédagogiques

Bien que l'apprentissage mobile soit considéré comme une technologie destinée à améliorer l'apprentissage, la plupart des pratiques existantes dans ce domaine peuvent être groupées en quatre familles d'applications (Chatti, Keeratibumrunpong, & Obster, 2012) :

1. les applications qui utilisent des appareils de poche non communicants permettant la prise de note en classe (Roschelle, Rafanan, Estrella, Nussbaum, & Susana Claro, 2009).
2. les applications de localisation utilisant les téléphones intelligents (Yang, Zhang, & Huang, 2008).
3. les applications d'apprentissage linguistique avec des exercices interactifs (Joseph & Uther, 2009).
4. les applications de visites de terrain (Spikol & Milrad, 2008).

Dans le cas des sorties pédagogiques, les apprenants ont besoin d'être actifs et créatifs d'une manière disciplinée pour que le processus d'apprentissage soit efficace. Dans ce contexte, Goodyear et Yang définissent la « scénarisation pédagogique » comme une réflexion sur les tâches à faire par les apprenants et sur les ressources matérielles et humaines qui peuvent les aider à réussir de telles tâches. Selon eux, les apprenants transfèrent la responsabilité de leur apprentissage sur l'enseignant (le créateur du contenu) (Goodyear & F., 2009). En effet, les modèles de conception pédagogique se préoccupent des contraintes centrales (qui apprend quoi et comment) alors que l'orchestration intègre

des contraintes plus concrètes telles que la segmentation des horaires, le type de discipline, la production de compte rendus pour les parents, l'effort effectué par l'enseignant, l'organisation physique de la classe, etc. (Dillenbourg, 2012). D'autre part, Specht et Glahn soulignent que l'orchestration couvre aussi la personnalisation et l'adaptation dans un environnement d'apprentissage (Glahn & Specht, 2010).

Pour répondre à ces besoins, les plateformes d'apprentissage de type LMS¹² permettent d'organiser les activités d'apprentissage (support à lire, photos à consulter,...) pour motiver les apprenants à suivre le parcours le plus proche des objectifs de la formation. Cela permet de planifier le déroulement de la visite pendant la phase nommée « avant visite ». Cependant, dans le cadre d'une sortie pédagogique, l'orchestration ne couvre pas seulement la phase de préparation, mais aussi la gestion de l'exécution des tâches d'apprentissage pendant le déroulement de la visite ainsi que l'analyse des résultats après la sortie. Cette analyse permet de mieux réorganiser les activités d'apprentissage et d'examiner les stratégies d'orchestration des apprenants afin d'accroître le taux de succès et de minimiser le taux d'abandon pendant le déroulement de la visite.

Dans ce qui suit, la figure 2 montre la relation d'inclusion entre la scénarisation et l'orchestration puis résume les concepts relatifs à l'orchestration des activités d'apprentissage lors d'une sortie pédagogique. Ces éléments permettent la gestion en temps réel des activités qui se situent dans des plans distincts (individus, groupe et classe) en se basant sur des systèmes de séquençement ou de collecte de traces.



Figure 2: Les éléments d'orchestration d'une sortie pédagogique.

Dans cette figure, nous constatons aussi que l'orchestration vient compléter la scénarisation de la sortie pédagogique qui est basée essentiellement sur les trois phases : (1) avant visite, (2) la visite et (3) après visite.

¹² http://fr.wikipedia.org/wiki/Learning_management_system

II.3. Les techniques d'orchestration des sorties pédagogiques

Dans la littérature, il existe plusieurs travaux qui proposent des modèles pour l'orchestration des activités d'apprentissage en mobilité.

Delotte propose un modèle de comportement pour un scénario d'apprentissage sous la forme de workflow d'activités (Delotte, 2006). Ce modèle d'orchestration supporte l'intégration des rôles, des acteurs, des contextes d'usage, des artefacts utilisés mais il atteint vite ses limites lorsqu'il doit prendre en compte les interactions entre les apprenants et les notifications d'événements contextuels pendant un scénario de type sortie pédagogique.

De son côté, Economides a proposé l'utilisation d'automates comme un moteur d'adaptation qui a comme entrées : l'état de l'apprenant, l'état de l'activité, l'état de l'infrastructure et l'état de l'environnement et comme sortie l'activité à réaliser ainsi que l'état de l'infrastructure associée (Economides, 2006). Ce modèle semble peu adapté à notre scénario de visite car il ne peut pas prendre en compte des variantes imprévisibles lors de la phase de conception.

D'autre part, Dan et XinMeng ont utilisé les réseaux bayésiens¹³ afin d'individualiser des processus d'apprentissage selon les profils des apprenants. Cependant, ce mécanisme d'apprentissage mobile ne permet pas d'intégrer des nouveaux profils d'apprenants qui peuvent émerger pendant la visite (Dan & XinMeng, 2006).

Ces travaux montrent qu'on ne trouve pas de modèle complet pour la conception et la mise en œuvre des activités d'apprentissage mobile. En effet, le scénario de type sortie pédagogique est caractérisé par l'absence d'un modèle global de déroulement des activités d'apprentissage et par la grande liberté laissée aux apprenants. De plus, la plupart des environnements d'apprentissage mobile existants ne peuvent pas prendre en compte les activités de visites de terrain car ils sont limités à des domaines ou des contenus spécifiques et ne peuvent pas remplacer l'orchestration traditionnelle des activités d'apprentissage par l'enseignant (Giemza, Bollen, Seydel, Overhagen, & Ulrich Hoppe, 2010).

D'autre part, nous constatons qu'il y a deux types d'apprentissage pendant le déroulement de la sortie pédagogique: (1) un apprentissage formel qui est explicitement désigné par l'instructeur de la visite à travers les objectifs à atteindre, les ressources à lire et les activités à réaliser pendant la visite et (2) un apprentissage informel qui n'est pas structuré en termes d'objectifs car il possède la plupart du temps un caractère non intentionnel de la part de l'apprenant (Eshach, 2007).

Dans le but de comparer les différentes approches d'orchestration de scénarios de type sorties pédagogiques, nous nous sommes intéressés aux questions suivantes :

- 1) Est-ce que l'orchestration peut prendre en compte le contexte géographique des apprenants pendant la visite ?
- 2) Quelles sont les modes d'interaction entre les participants pendant le déroulement de la visite ?
- 3) Qui va enrichir les activités du scénario d'apprentissage (enseignants, apprenants,...) ?

¹³ http://fr.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9seau_bay%C3%A9sien

- 4) Comment va se faire la collaboration entre les apprenants pendant la visite ?
- 5) Est-ce que le scénario intègre les trois phases de la sortie pédagogique (avant visite, la visite et après visite) ?
- 6) Comment va se comporter le scénario mobile d'apprentissage face à une situation non prévue lors de la phase « avant visite » par exemple un nouveau profil d'apprenant, abandon d'un chemin par la majorité des participants à la visite, apparition d'un obstacle sur le chemin prévu pour la visite,... ?

Dans le cadre de cette thèse, nous allons classer les différents travaux existants sur les sorties pédagogiques selon deux approches : la première est basée sur l'extension des plateformes existantes comme les LMS (Learning Management System). La deuxième se base sur des plateformes d'apprentissage de type ad hoc.

II.3.1. L'extension des plateformes d'apprentissage existantes

Cette approche permet de garantir une vue globale de l'enseignant sur l'ensemble des activités des apprenants. Plusieurs styles d'orchestration ont été proposés avec ces plateformes. Ces travaux peuvent être classés comme suit :

a) Utilisation des plugins dans les LMS

Il existe plusieurs dispositifs de formation à distance accessibles à l'aide de PC, cependant l'adaptation des contenus d'apprentissage déjà existants (en version e-learning) aux écrans réduits des Smartphones est parfois difficile à cause des problèmes de résolution d'affichage ou de taille de documents, etc. Par conséquent, l'ajout d'une extension aux outils proposés dans le cadre du e-learning pourrait être considéré comme une solution intéressante à ce problème. En effet, dans le monde de l'Open Source, nous pouvons citer le plugin MLE Moodle¹⁴ qui permet d'ajouter la fonctionnalité m-learning au LMS Moodle pour créer des scénarios d'apprentissage mobile. Cette solution présente un grand avantage car elle vient se greffer directement sur la plateforme Moodle et permet de créer des activités comme les quizz, les tests, etc.

D'autre part, MLE-Moodle permet d'avoir deux types d'accès au dispositif de formation : (1) un accès e-learning via son PC et (2) un accès m-learning à l'aide de son téléphone mobile. Avec ce plugin, nous pouvons réaliser des scénarios d'apprentissage mobile personnalisés.

Dans le cadre des sorties pédagogiques, ces scénarios permettent aux apprenants de : (1) remplir des questionnaires ou (2) télécharger des images, des vidéos, des reportages audio ou (3) faire le marquage GPS de certains points, etc. Dans ce qui suit, la figure 3 montre trois exemples d'interfaces de l'outil MLE-Moodle¹⁵.

¹⁴ mle.sourceforge.net/mlemoodle/index.php?lang=en

¹⁵ <http://mle.sourceforge.net/mlemoodle/index.php?lang=en&page=screenshots.php>



Figure 3 : Captures d'écran relatives à l'outil Moodle MLE : (a) représente l'interface d'accueil, (b) permet de créer des cours et (c) aide l'apprenant à s'identifier pour faire le quiz.

b) Intégration des technologies Web 2.0 dans les LMS

Les plateformes de type LMS permettent l'organisation des ressources et des activités d'apprentissage selon les besoins institutionnels plutôt que selon ceux des apprenants. D'autre part, les technologies Web 2.0 sont de plus en plus utilisées par les apprenants car elles sont appréciées pour leurs capacités de production et de manipulation d'informations (Peter, Leroy, & Leprêtre, 2011). En outre, des technologies comme les réseaux sociaux, les blogs, les wikis,... peuvent être intégrés dans un LMS afin d'aider l'instructeur pendant l'orchestration des activités mobiles d'apprentissage. Ces technologies permettent aux apprenants de s'impliquer dans une collaboration orchestrée par l'instructeur pendant le déroulement de la sortie pédagogique. Par exemple, l'intégration des technologies Web 2.0 (blogs, wikis,...) à la plateforme Moodle 2.0 permet de palier à la rigidité des activités d'apprentissage proposées au niveau du LMS.

Dans ce qui suit, la figure 4 détaille l'architecture relative à cet environnement d'apprentissage utilisable par les apprenants et par les enseignants.

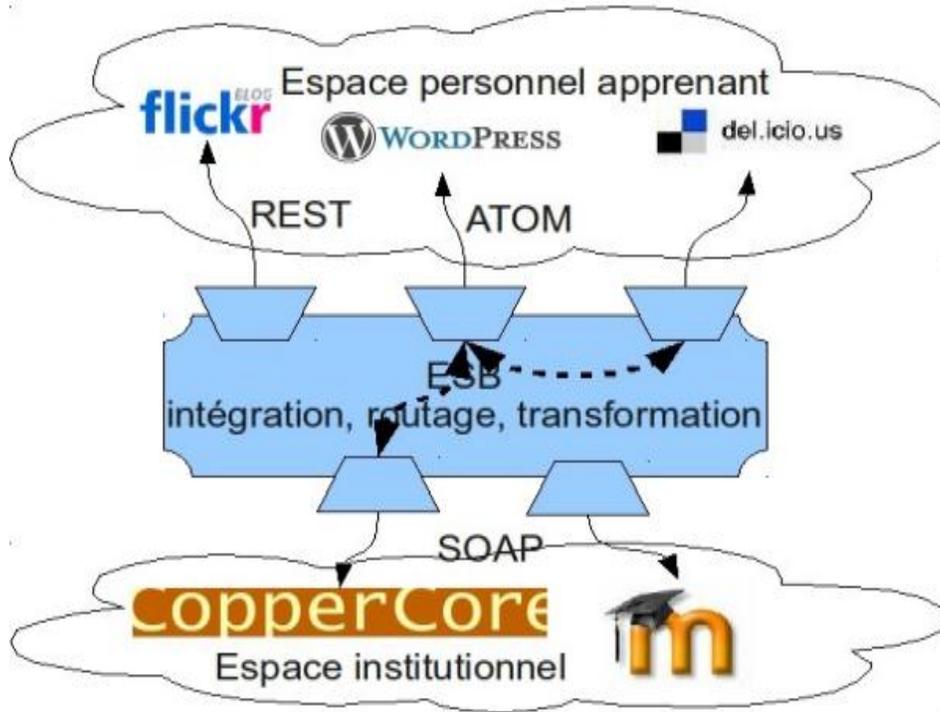


Figure 4 : Intégration des technologies Web 2.0 (espace personnel) dans un LMS (espace institutionnel)
(Peter, Leroy, & Leprêtre, 2011)

c) Utilisation des CSCBLs

Contrairement aux travaux précédents sur les plateformes de type CSCL (Computer Supported Collaborative Learning), les CSCBLs (Computer Supported Collaborative Blended Learning) peuvent être utilisés dans le cadre des sorties pédagogiques car ils permettent une collaboration centrée sur l'utilisation d'un LMS et une orchestration réalisée par l'instructeur. Ce dernier peut coordonner les activités qui se déroulent dans des lieux différents grâce aux technologies mobiles. Selon Pérez-Sanagustín, le scénario CSCBL permet de produire un apprentissage efficace dans des situations de collaboration grâce à la rencontre des apprenants pendant la visite ou l'intégration de l'ensemble des activités d'apprentissage dans un flux cohérent. Cela va encourager la participation active des apprenants et faciliter leurs premiers contacts avec l'environnement de la sortie pédagogique. Dans l'exemple de la visite d'un campus universitaire, cet environnement combine les différentes applications informatiques et les technologies réseaux pour assurer l'intégration de l'ensemble des activités d'apprentissage formel et informel qui ont eu lieu dans les différents lieux du campus. Dans ce scénario, la sortie pédagogique se déroule en trois phases (voir la figure 5) afin de faciliter l'orchestration de l'ensemble des activités d'apprentissage en mobilité (Pérez-Sanagustín, et al., 2010).

Phase 1 : explorer le campus

Dans cette phase les apprenants ont le choix entre trois options: (1) accéder à la page Web de l'Université pour faire la visite du campus, (2) marcher autour du campus, lire les affiches fixées sur

les bâtiments importants et poser des questions à d'autres étudiants plus familiarisés avec le campus, ou (3) participer à une exploration des activités de découverte de campus en utilisant les téléphones mobiles (Smartphones). Cette dernière option s'appuie sur des technologies comme le code NFC ou les étiquettes RFID pour soutenir les différentes activités d'apprentissage.

Phase 2 : synthèse des informations sur le campus

L'expertise des apprenants qui ont effectué la visite à l'aide des smartphones peut être évaluée grâce au nombre de balises visitées dans chaque zone. Cela permet d'élire des experts afin de créer des groupes de quatre apprenants capables de travailler en collaboration sur une présentation qui concerne une zone bien déterminée du campus. Ensuite, chaque groupe dépose la présentation réalisée sur la plateforme Moodle.

Phase 3 : partage des connaissances et évaluation

Dans cette phase, l'instructeur met en ligne les présentations réalisées par les différents groupes sur la plateforme Moodle. Ensuite, les apprenants peuvent accéder aux différents travaux réalisés par leurs camarades de classe pendant cinq jours. Enfin, le questionnaire final doit être rempli par chaque individu en 25 min. Ce questionnaire contient 25 questions qui concernent l'ensemble des activités permettant la découverte du campus.

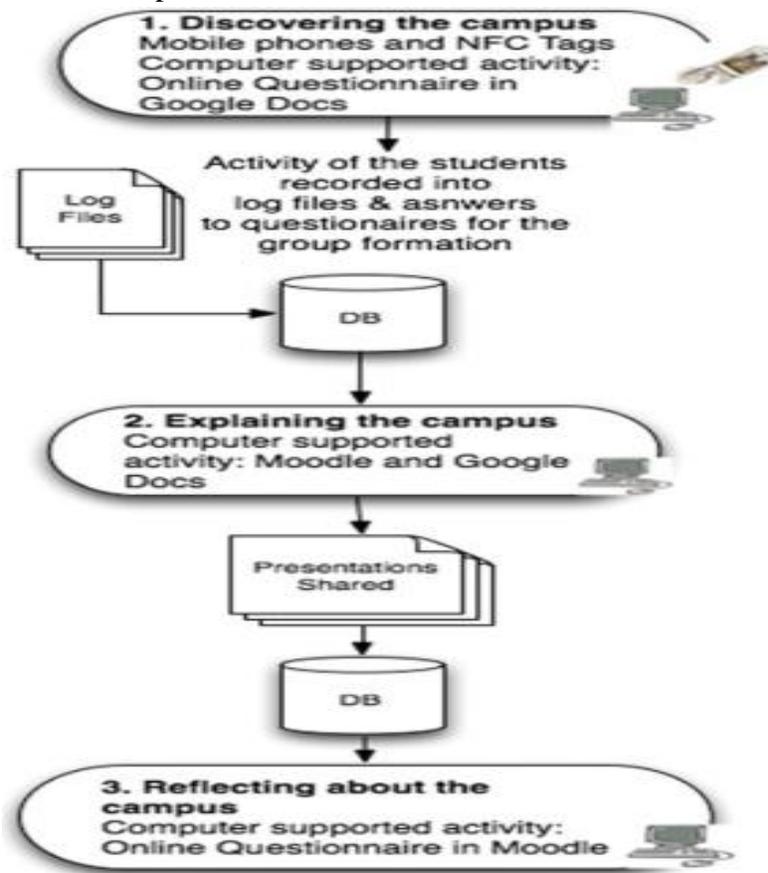


Figure 5: Environnement technologique : la combinaison d'appareils mobiles disposant d'un lecteur NFC intégrée, des tags NFC, de la plate-forme Moodle et de l'outil Google docs qui permet une bonne intégration des différentes activités du flux d'apprentissage (Pérez-Sanagustín, et al., 2010).

d) Le langage IMSLD

Le langage IMSLD semble aussi bien adapté à la scénarisation des sorties pédagogiques car il propose un cadre conceptuel qui met l'activité au centre du processus de conception pédagogique, tout en identifiant les relations que l'activité entretient avec les rôles et les ressources. Ce langage définit trois niveaux de conception (A, B, C). Le niveau A permet de décrire les éléments de base de l'unité d'apprentissage qui sont communs à tous les apprenants. Le niveau B ajoute au niveau A des conditions permettant le contrôle du déroulement du scénario et des propriétés qui décrivent les informations particulières à un rôle. Le niveau C, par un système de notification, permet l'orchestration des activités entre elles et donne la possibilité d'exécuter une même unité d'apprentissage de différentes façons (Lejeune, 2004) (Pernin, 2004). D'autre part, un cours de type IMSLD peut être intégré dans une structure LMS. Par exemple, dans le cas de Moodle, l'intégration d'IMS LD ¹⁶ passe par la ressource : « Ajouter un fichier IMS ContentPackage ».

Dans le cadre des scénarios de type sortie pédagogique, GSI (Generic Service Integration) peut être utilisée comme une méthode pour adapter le flux du cours en fonction des informations recueillies par des outils externes (Google Maps, Chat, Wiki,...). En effet, la couche GSI présente une extension appelée « intégration de service générique » qui est construite au-dessus d'une plateforme compatible IMS LD comme représentée sur la figure 6 (Luis de-la-Fuente, Pardo, & Delgado Kloos, 2011).

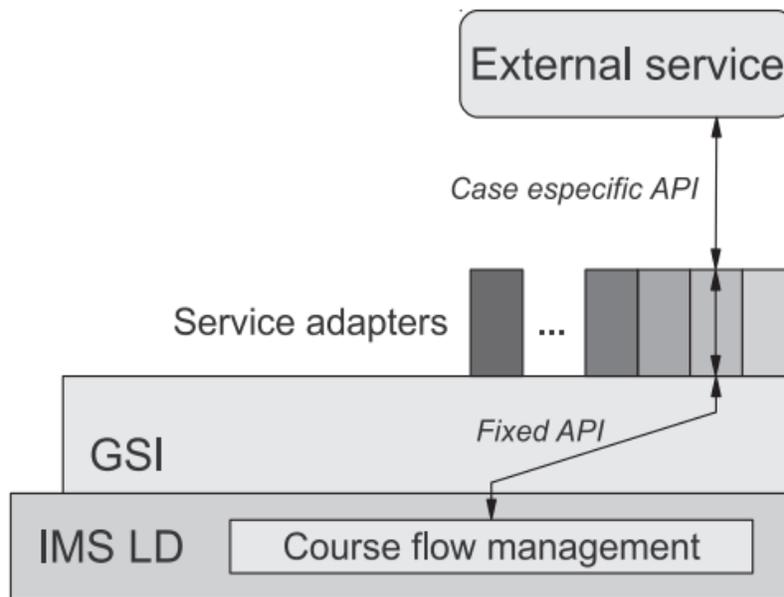


Figure 6: Architecture en couches (IMLD, GSI, service d'adaptation) du Framework (Luis de-la-Fuente, Pardo, & Delgado Kloos, 2011)

¹⁶ https://docs.moodle.org/19/fr/IMS_content_package

Ce paradigme permet une communication bidirectionnelle entre le moteur qui prend en charge l'orchestration et les outils conventionnels du Web 2.0. Ce type de communication permet la configuration des services externes de manière à ajuster leurs comportements. Il permet aussi de récupérer des informations sur leurs activités et les utiliser pour influencer le processus d'orchestration. Pour cela, la couche GSI offre une API unifiée, tandis que l'adaptation spécifique à chaque service est effectuée au niveau du service « adaptateur » (voir la figure 6). En effet, différents services offrent différentes méthodes d'accès. Donc, au lieu d'exiger un accord sur un protocole commun pour accéder aux informations, les adaptateurs de service dans GSI sont conçus pour interagir avec un service particulier (Luis de-la-Fuente, Pardo, & Delgado Kloos, 2011).

e) Les plateformes d'agrégation de services

Les plateformes de mashup s'appuient sur des données provenant de sources multiples pour réaliser de nouveaux produits et applications. Elles permettent aux développeurs de devenir des intervenants actifs dans l'architecture orientée services SOA (Service Oriented Architecture) en créant des applications composites combinant des services provenant de plusieurs types d'applications. Ce genre de plateforme peut être utilisée dans le cadre des sorties pédagogiques afin d'intégrer les APIs ou les services WEB nécessaires à la prise en compte de la localisation des apprenants et de la collaboration. Citons l'utilisation de l'API Google Maps pour la localisation des apprenants qui sont inscrits sur une plateforme E-learning qui peut être considérée comme un bon exemple des plateformes mashup. Dans (Martín, et al., 2012), les auteurs présentent un autre exemple de composition d'application (mashup) à travers un système d'annotation ubiquitaire comme c'est indiqué dans la figure 7.

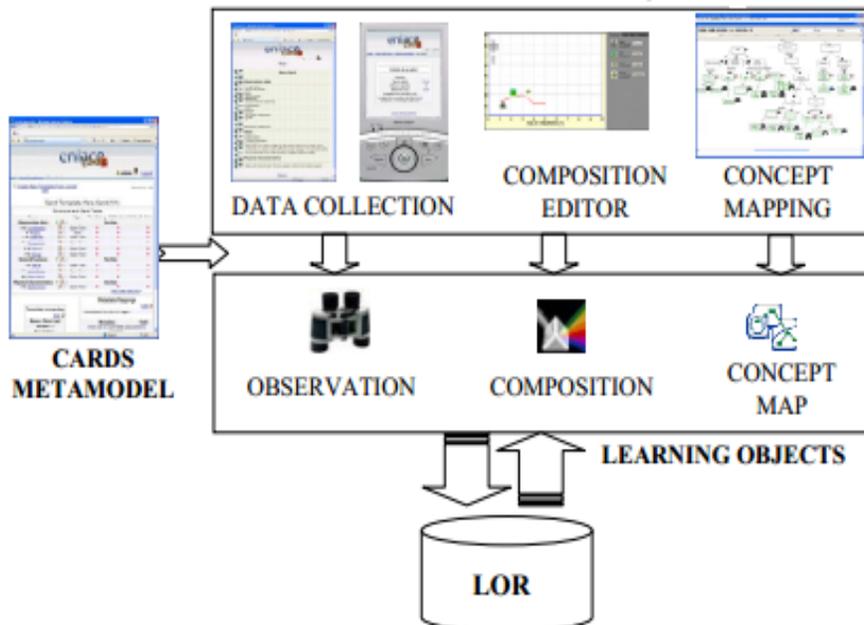


Figure 7: Architecture générale du prototype de composition d'application (mashup) (Martín, et al., 2012).

Cet environnement permet aux apprenants et aux enseignants d'éditer, d'annoter et de publier certains contenus d'apprentissage pendant le déroulement de la visite. D'autre part, les auteurs de (Safran Victor, Garcia Barrios, & Ebner, 2009) ont développé un Wiki géo-spatial basé sur une plateforme de mashup pour l'apprentissage collaboratif en situation de mobilité. Ce travail peut être considéré comme un exemple de plateforme mashup capable de supporter la collaboration des apprenants pendant la visite.

f) Synthèse

Dans ce qui suit, le tableau 7 résume les principales caractéristiques des techniques d'orchestration qui peuvent être intégrées dans le cadre de l'approche basée sur l'extension des plateformes d'apprentissage existantes.

Tableau 7: Caractéristiques de l'approche avec LMS

Travaux Caractéristiques	LMS + plugin	LMS + Outils du Web 2.0	CSCBL	LMS+ IMSLD+ GSI	Mashup plateforme
Supporter le contexte de localisation de l'apprenant	Non	Non	Oui	Oui	Oui
Interaction entre les participants	Chat + forum	Chat + forum	Chat + forum	Chat + forum	Chat + forum
Enrichissement du scénario	Instructeur	Instructeur	Instructeur	Instructeur	Instructeur
Collaboration en temps réel	Chat+ wiki	Chat+ wiki	Chat+ wiki	Chat+ wiki	Chat+ wiki
Intégration des 3 phases de la sortie pédagogique	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Supporter les situations inattendues	Non	Non	Non	Non	Non

Dans ce tableau, nous remarquons que toutes les techniques présentées intègrent les trois phases de la sortie pédagogique mais qu'elles ne peuvent pas supporter le contexte ouvert du scénario (apparition d'un obstacle dans le chemin des apprenants, nouveau profil, ...). D'autre part, nous constatons que c'est l'enseignant qui se charge de l'enrichissement du contenu du scénario sans une participation significative de la part des apprenants.

II.3.2. Les plateformes d'apprentissage de type ad hoc

Dans ces travaux, les scénarios de type sortie pédagogique n'utilisent pas de LMS ni dans la scénarisation de leurs dispositif de formation ni pendant l'orchestration des activités d'apprentissage. Ces projets s'appuient sur des modèles spécifiques aux besoins des sorties pédagogiques. Nous regroupons les différents types d'application associés à cette approche en deux catégories : (1) les applications dépendantes du domaine d'étude et (2) les applications indépendantes du domaine à étudier (Framework).

II.3.2.1. Les applications dépendantes du domaine d'étude

Ces applications sont spécifiques et difficiles à transposer à d'autres domaines d'étude. Citons par exemple : 1) la découverte des plantes et des animaux dans le projet « Ambient Wood », 2) l'observation des papillons dans le projet « Butterfly-Watching », 3) l'utilisation d'un cartable d'école virtuel pour apprendre à travers les contextes dans le projet « e-bag », 4) la visite de galerie dans le cadre du projet « MOBILearn » ou 5) la visite des sites culturels dans le projet MoULe. Dans ce qui suit, nous allons présenter une description de ces projets afin de recenser les principales caractéristiques liées à ce genre aux de scénarios.

a) Le projet « Ambient Wood » (2003)

Dans ce projet, les activités d'apprentissage sont conçues sur le thème des plantes et des animaux de la forêt. Pour réaliser l'activité d'apprentissage, les enfants sont équipés d'un PDA et d'outils qui leur permettent de réaliser des tâches d'exploration comme par exemple : prendre leurs « propres notes » sur une zone, afficher des images sur un ordinateur, enregistrer des informations sur leurs positions en utilisant le GPS, etc. Ce type de formation a bien montré que la combinaison des activités d'apprentissage en plein air et celles réalisées en classe permet un meilleur apprentissage grâce aux informations pertinentes fournies aux enfants pendant leurs visites (Rogers, et al., 2002).

Dans ce genre d'application, la prise en compte du contexte d'apprentissage est principalement réalisée à travers le système GPS qui permet de définir la localisation des apprenants et de proposer des informations ainsi que des services pertinents. Ceci se fait pendant les activités de la phase d'exploration de la faune et de la flore dans la forêt. Le PDA¹⁷ (Personal Digital Assistant) des apprenants fournit des informations en réponse à des lectures de sondes sur l'humidité et la lumière à un endroit précis ou par l'indication de la présence physique d'un apprenant dans un lieu particulier via le GPS (Rogers, et al., 2002) (Russell & Lonsdale, 2004). Cette application intègre la notion de gestion du contexte en fonction de la localisation géographique mais ne permet pas aux apprenants d'interagir entre eux afin de construire de nouvelles connaissances grâce à l'échange de commentaires ou de ressources.

b) Le projet « Butterfly-Watching » (2004)

Dans le projet Butterfly-Watching, Chen et al (2004) proposent aux élèves de découvrir les différents types de papillons d'une région. Pour explorer les connaissances sur les papillons, les élèves visitent une ferme de papillons où un réseau de communication a été mis en place. Les élèves utilisent leurs PDAs intégrant une carte réseau sans fil et une petite caméra pour prendre des photos des papillons qu'ils ont observés. Avec ces photos, ils peuvent alors interroger la base de données (base d'images) pour obtenir des informations sur les papillons avec l'aide du système. Ils peuvent ainsi vérifier et/ou valider la reconnaissance d'un papillon par une mesure de similitude faite à partir de la base de données des papillons. Les élèves enregistrent dans leur journal leurs notes sur l'expérience et peuvent ensuite l'afficher à l'enseignant (Chen, Kao, & Sheu, 2003) (Chen, Kao, & Sheu, 2004). La collaboration dans le projet Butterfly-Watching a mis l'accent sur l'autonomie de

¹⁷ http://fr.wikipedia.org/wiki/Assistant_personnel

l'apprenant par rapport à l'enseignant. L'enseignant intervient à distance en faisant des commentaires sur les images de papillons et en les revoyant vers le PDA de l'apprenant. Dans ce type de scénario mobile, les enseignants se basent principalement sur les activités d'apprentissage de plein air comme l'observation des papillons à l'aide de dispositifs mobiles. Cependant, ce type d'application accorde peu d'intérêt à l'interaction entre les apprenants, à l'enrichissement du scénario pédagogique de la visite, aux activités d'évaluation à effectuer par l'apprenant ainsi qu'à l'analyse des feed-back lors de la phase finalisation.

c) Le projet « eBag » (2004)

eBag est une partie du projet iSchool pour l'apprentissage où la mobilité et le contexte sont deux éléments principaux. L'idée de ce projet est de créer un « cartable d'école virtuel » pour chaque élève afin de lui permettre d'apprendre au travers des contextes en se déplaçant dans des endroits spécifiques (salles de classe, laboratoires, bibliothèques, musées, villes, clubs et à la maison). L'objectif du système est donc de servir d'entrepôt personnel et numérique dans lequel toutes les ressources (textes, photos, vidéos, autres) peuvent être mémorisées pour un usage interne et externe de l'environnement scolaire.

eBag sert de lien entre les différents types de dispositifs pour l'accès, la collecte, le transport et le partage des informations numériques entre les enseignants et les élèves. La sensibilité au contexte est prise en compte dans le projet « eBag » par certaines fonctions permettant d'afficher le contexte ou d'avertir des changements de contexte. Citons par exemple les activités suivantes: (1) avertir de la présence de matériaux sensibles au dispositif mobile des élèves en fonction du temps et de leurs localisations courantes, (2) identifier automatiquement la localisation des élèves et (3) afficher l'information aux élèves quand ils s'approchent d'un tableau blanc installé dans l'école.

D'autre part, le projet eBag a montré l'intérêt d'avoir des écrans partagés accessibles à partir des dispositifs mobiles personnels qui supportent un passage sans rupture entre les activités individuelles et collaboratives. Le système fusionne automatiquement le contenu produit par les élèves sur un tableau blanc lorsqu'ils s'approchent de celui-ci pour un travail en groupe. Les ressources collectées au cours des activités d'apprentissage sont reliées au contexte courant (la localisation, le temps, le rôle). Le système peut ensuite activer ou désactiver eBag en fonction du contexte courant de l'apprenant. Les propriétés du contexte prises en compte peuvent être les plages horaires standards pour les élèves et les enseignants, la localisation courante d'eBags, l'heure de la journée, la température extérieure, etc. (Brodersen, Christensen, Grnbk, Dindler, & Iversen, 2004).

d) Le projet « MOBILearn » (2004)

MOBILearn est un projet européen de recherche et de développement qui a pour objet d'explorer l'utilisation des environnements mobiles pour favoriser l'apprentissage informel, l'apprentissage par résolution de problème et l'apprentissage au travail. Dans le cadre de ce projet, une nouvelle architecture pour l'apprentissage mobile a été réalisée. Elle permet de générer des contenus et des services pour accompagner un apprenant pendant ses activités d'apprentissage dans une galerie d'exposition. Les visiteurs, placés devant une peinture, peuvent alors utiliser un PDA ou un Smartphone pour obtenir les informations pertinentes tout en observant l'œuvre.

Un apprenant visitant une galerie d'exposition pour la seconde fois peut obtenir des informations dépendantes de sa visite précédente (Beale & Lonsdale, 2004).

Dans le projet MOBILearn, un module CAS (Context Aware Subsystem) est en charge de collecter les informations contextuelles tels que : la localisation courante, le temps, le profil de l'apprenant par des capteurs de l'environnement et des interactions avec l'apprenant. Ces informations sont utilisées pour déclencher des activités ou des services pertinents : un apprenant peut démarrer une session de « chat » avec un autre apprenant, qui peut être quelqu'un de son groupe, ou bien un autre visiteur dans la même galerie, ou un apprenant en ligne qui est en visite dans la galerie mais à distance, etc. (Beale & Lonsdale, 2004). En effet, l'adaptation du contenu dépend notamment de l'historique de l'apprenant. Il s'agit de lui proposer des contenus en fonction de ses activités pendant les visites précédentes. L'adaptation des interfaces interactives est faite en fonction du dispositif mobile utilisé (la résolution de l'écran) et de la nature de l'environnement (i.e. bande passante, coût).

e) Le projet « MoULe » (2007)

Le projet MoULe¹⁸ (Mobile and Ubiquitous Learning) constitue un environnement permettant aux utilisateurs d'éditer et de partager des documents et des cartes en utilisant des ordinateurs de bureau et des Smartphones équipés de GPS. Ce système permet également d'annoter les informations que les apprenants collectent afin de les classer et donc de faciliter leurs recherches et leurs réutilisations lors du déroulement des activités collaboratives. Les enseignants peuvent aussi utiliser cet environnement pour organiser ou concevoir les scénarios des activités d'apprentissage qui relient les ressources numériques à des lieux géographiques appelés POI¹⁹ (point of interest) (Arrigo, et al., 2007).

Dans le projet MoULe, la sensibilité au contexte prend en compte la localisation des apprenants. De ce fait, le système fournit une carte décrivant toutes les zones où les élèves équipés de leurs Smartphones peuvent visiter les POIs grâce au GPS. Le système va automatiquement relier toutes les activités réalisées par ces élèves pendant leurs apprentissages aux différents POIs visibles sur la carte. L'objectif est de collecter les traces relatives aux parcours des élèves pendant la visite afin d'enrichir leurs environnements d'apprentissage. De cette façon, les activités des élèves peuvent produire des objets d'apprentissage associés à des lieux physiques. De plus, le système MoULe permet de présenter une carte avec toutes les notes collectées par les élèves. Le système peut trouver la position géographique courante des élèves et reconnaître les sites culturels où les élèves sont en visite afin de leur poser un ensemble de questions concernant ces sites (Arrigo, et al., 2007).

Dans ce qui suit, le tableau 8 résume les principales caractéristiques des techniques d'orchestration de l'approche basée sur plateformes d'apprentissage de type ad hoc qui concernent les applications dépendantes des domaines d'étude.

¹⁸ <http://194.119.209.212/moule/>

¹⁹ https://en.wikipedia.org/wiki/Point_of_interest

Tableau 8: Les plateformes d'apprentissage de type ad hoc pour les applications dépendantes des domaines d'étude.

Travaux	Projet Ambient Wood	Projet Butterfly Watching.	Projet eBag	Projet MOBILearn	Projet MoULe
Caractéristiques					
Supporter le contexte de localisation de l'apprenant	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Interaction entre les participants	Chat	Chat	Chat	Chat	Chat
Enrichissement du scénario	Instructeur + apprenant	Instructeur + apprenant	Instructeur	Instructeur	Instructeur
Collaboration en temps réel	Non	Ajout de photos	Écrans partagés	Non	Annoter les médias
Intégration des 3 phases de la sortie pédagogique	Seulement la phase de visite	Seulement la phase de visite	Seulement la phase de visite	Oui	Oui
Supporter les situations inattendues	Non	Non	Non	Non	Non

Dans ce tableau, nous remarquons que toutes les techniques présentées prennent en compte le contexte de localisation des apprenants mais elles ne supportent pas l'intégration des situations non prévues pendant la phase de scénarisation. D'autre part, nous constatons que les enseignants peuvent faire appel aux apprenants pour l'enrichissement du contenu du scénario à travers des outils de collaboration en temps réel.

II.3.2.2. Les applications indépendantes du domaine d'étude

La plupart des environnements d'apprentissage mobiles existants ne peuvent pas assister les activités de visites de terrain car ils sont limités à des domaines précis ou à des contenus spécifiques et ne supportent pas l'orchestration de toutes les activités du scénario d'apprentissage mobile. Les Framework peuvent fournir une solution intéressante pour concevoir des scénarios permettant l'orchestration des activités pendant la visite car ils offrent à l'enseignant la possibilité de mettre en place sa propre stratégie pédagogique (Peter, Villasclaras-Fernández, & Dimitriadis, 2013) (Giemza, Bollen, Seydel, Overhagen, & Ulrich Hoppe, 2010).

a) Le projet « RAFT »(2003)

Le projet RAFT assiste les élèves du secondaire dans l'apprentissage actif, coopératif et durable combinant les activités réalisées en classe et celle effectuées sur le terrain. Les principaux objectifs scientifiques et technologiques du projet consistent à montrer les bénéfices éducatifs que peut apporter l'implémentation des scénarios de type sortie pédagogique. Ce projet vise à établir des extensions sur les formats d'échange pour la contextualisation des cours d'apprentissage et à intégrer des activités d'apprentissage et d'enseignement dans une situation en mobilité. Ceci est réalisé à l'aide

d'outils comme la vidéoconférence en temps réel et la communication audio et permet de promouvoir de nouvelles formes de collaboration contextualisée entre les apprenants (Specht, Kravcik, Klemke, Pesin, & Hüttenhain, 2002).

Le scénario du projet RAFT consiste à diviser un groupe d'apprenants en deux sous-groupes : le premier effectue la visite de terrain tandis que le deuxième participe à la sortie via l'Internet. Les apprenants à distance posent des questions qui peuvent influencer le comportement de leurs pairs qui se trouvent sur le site. D'autre part, les participants à la visite de terrain fournissent toutes les informations demandées par leurs pairs qui se trouvent à distance. Pendant la phase de planification, l'enseignant peut diviser le scénario de la sortie pédagogique en plusieurs modules appelés sujets. Chaque rubrique comprend plusieurs tâches pour les apprenants dans le domaine. Pour chaque tâche, un apprenant (ou un groupe d'apprenants) crée un (ou plusieurs) collection (s) où les photos peuvent être stockées. Ces objets d'apprentissage peuvent être annotés par les apprenants en choisissant simplement les concepts appropriés (mots-clés) à partir d'une liste prédéfinie par l'enseignant. En outre, ils peuvent créer des annotations audio pour les photos recueillies. Tous les utilisateurs (enseignants et apprenants) peuvent facilement accéder à la collecte d'un apprenant en particulier (ou groupe d'apprenants) pour une certaine tâche ainsi que toutes les photos associées à un concept choisi (Kravcik, Specht, Kaibel, & Terrenghi, 2003).

Dans le projet RAFT, un système a été développé pour assister la création d'applications mobiles qui facilitent la collecte de données lors de la visite sur le terrain et l'intégration d'un support de collaboration pour le suivi des activités pendant la sortie pédagogique. Ce projet peut être considéré comme un nouveau paradigme de l'apprentissage, car il permet de mettre en oeuvre des processus d'apprentissage constructivistes dans des contextes du monde réel. Cependant, la difficulté réside dans la combinaison des activités réalisées pendant la visite et celles qui se font en classe. Cette combinaison nécessite trois types d'interactions : 1) apprenants à distance/apprenants sur site 2) Enseignants/apprenants sur site 3) Enseignants/apprenants à distance. Par contre, une latence dans la gestion de ces différentes interactions peut engendrer des mauvaises annotations de photos qui risquent d'handicaper le processus d'enrichissement du scénario d'apprentissage (Specht, Kravcik, Klemke, Pesin, & Hüttenhain, 2002).

Pour répondre à ce problème l'architecture du projet RAFT est organisée en trois couches (voir la figure 8) : (1) couche « terrain » (field layer) où les apprenants réalisent des activités comme la localisation, la détection de la zone d'intérêt, ... (2) Couche de « données partagée » (Shared data layer) qui permet de stocker les données collectées par les apprenants et (3) la couche « classe » (classroom layer) dans laquelle les apprenants font l'analyse et la critique des POIs disponibles dans la base de données (Terrenghi, 2001) (Kravcik, Specht, Kaibel, & Terrenghi, 2003).

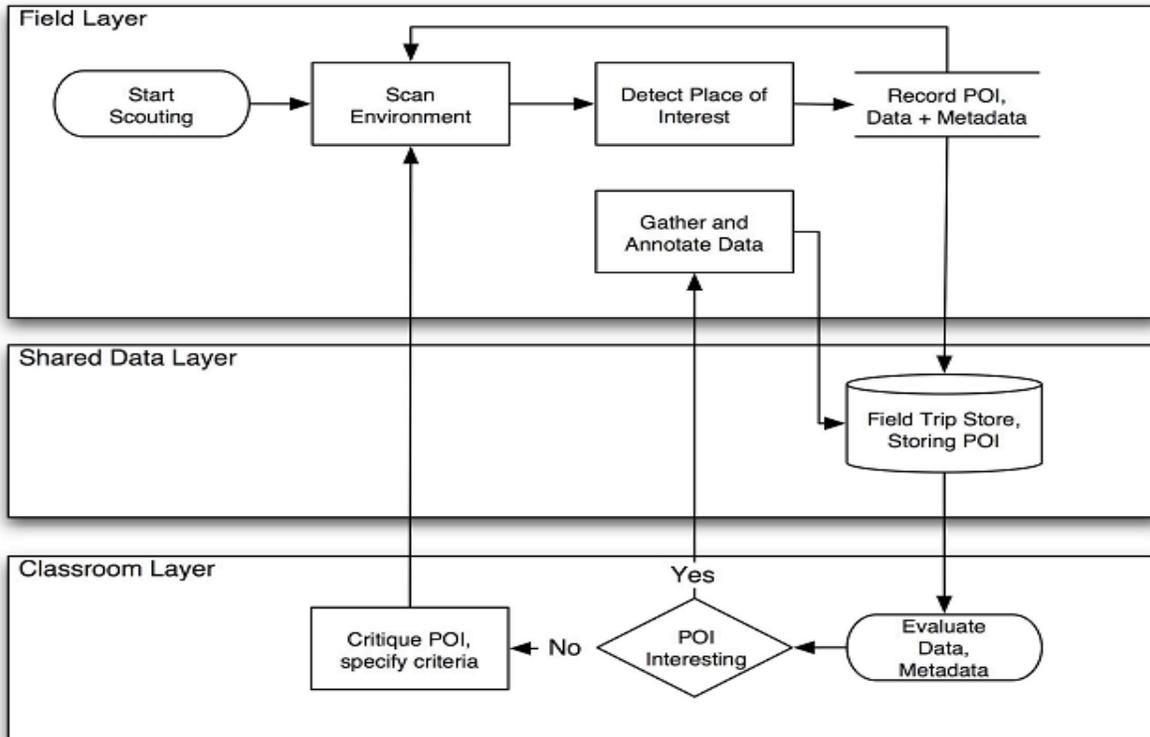


Figure 8: Schéma des flux d'interaction dans le projet RAFT (Terrenghi, 2001)

b) Le projet « ENLACE »(2008)

Le projet ENLACE²⁰ permet de fournir en temps réel un soutien pour les tâches qui ne sont pas déjà prévues lors de la phase de planification mais qui pourraient être intéressantes pour le scénario d'apprentissage. En effet, pendant la visite du terrain, des événements occasionnels peuvent se produire comme voir un type rare de plante ou l'opportunité de trouver des nouvelles pistes. Face à ce genre d'événements, l'infrastructure réseau du projet doit réagir pour fournir de nouveaux modèles de cartes et permettre d'enregistrer l'observation effectuée tout en permettant d'aviser tous les participants de la visite. Par exemple, si un apprenant observe un animal étrange, le système doit être capable d'enregistrer l'observation dans la base de données afin d'inciter les apprenants à proposer un nom pour l'animal. L'objectif est d'enrichir l'expérience et d'améliorer les activités en profitant des situations inattendues (Verdejo, et al., 2008).

Le projet ENLACE met l'accent sur l'enrichissement des activités en situation de mobilité avec des ressources d'apprentissage dont il permet une intégration transparente dans le système. En outre, l'architecture adoptée pour ce projet supporte les changements en temps réel associés aux différentes suggestions proposées par les apprenants (Verdejo, et al., 2008).

Ce projet définit un Framework destiné à concevoir, développer et évaluer un dispositif d'apprentissage mobile. Ce Framework (voir la figure 9) est capable de prendre en compte un modèle de scénarios intégrant les éléments suivants :

20 ENLACE project - <http://enlace.uned.es/>

- (1) l'utilisateur (l'identification, le temps, l'emplacement, ...),
- (2) l'activité (scénario, le projet, la phase et l'activité, avec son statut, objectifs, exigences, la collaboration, schéma et des outils de médiation),
- (3) l'organisation sociale (individus, groupes, communauté),
- (4) la définition et le type d'objets d'apprentissage
- (5) la définition des supports techniques (la puissance de traitement, le type d'interface, le format des objets manipulés,...) (Verdejo, et al., 2008).

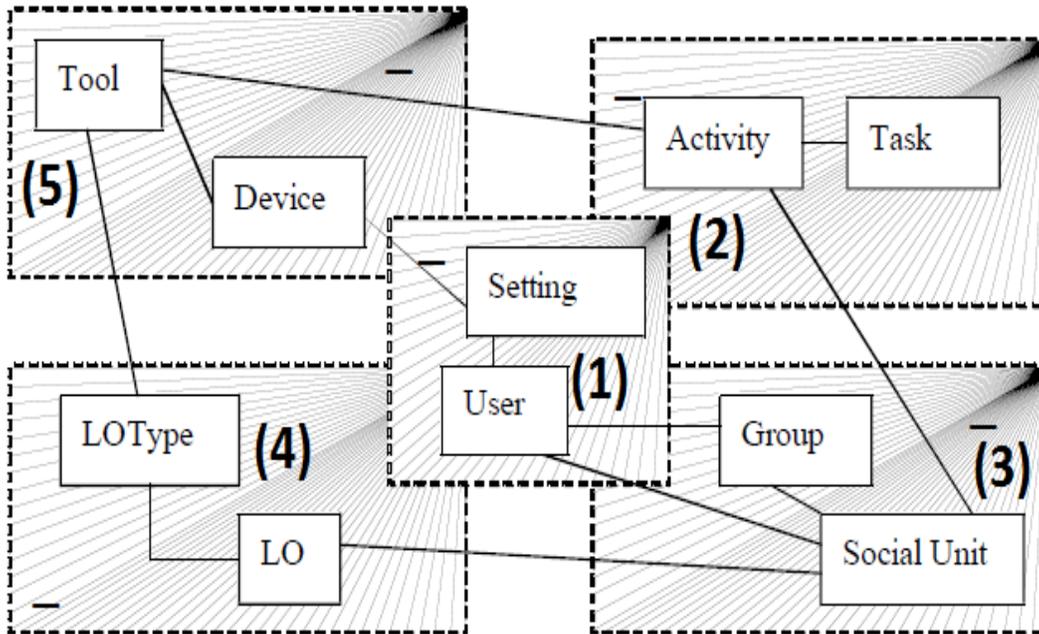


Figure 9 : Description des entités du projet ENLACE (Verdejo, et al., 2008).

c) Le Framework SceDer/COML (2010)

Niramitranon et al. (2010) ont développé SceDer (Scénarios Designer) un outil pour la création collaborative scénarios d'apprentissage et COML (Classroom Orchestration Modeling Language) un langage d'échange. SceDer permet de donner aux enseignants la possibilité de créer et composer une leçon d'apprentissage collaboratif de manière simple.

Ce scénario d'apprentissage comprend des étapes simples qui consistent à glisser-déposer des composants à partir d'une palette dans l'un des cinq colonnes : 1) *le fournisseur* : c'est un personnage (l'enseignant, les élèves ou les groupes) qui a une participation active dans une étape. 2) *que faire* : cette colonne contient les activités à effectuer dans cette étape (questions, réponses, discussions,...) 3) *le récepteur* : c'est un autre participant à l'activité. 4) *Ressource électronique* : c'est la ressource qui peut être utilisée dans cette étape et 5) l'environnement où la ressource électronique spécifiée est affichée (un écran public ou l'appareil mobile d'un groupe d'étudiants,...) comme cela est indiqué dans la figure 10.

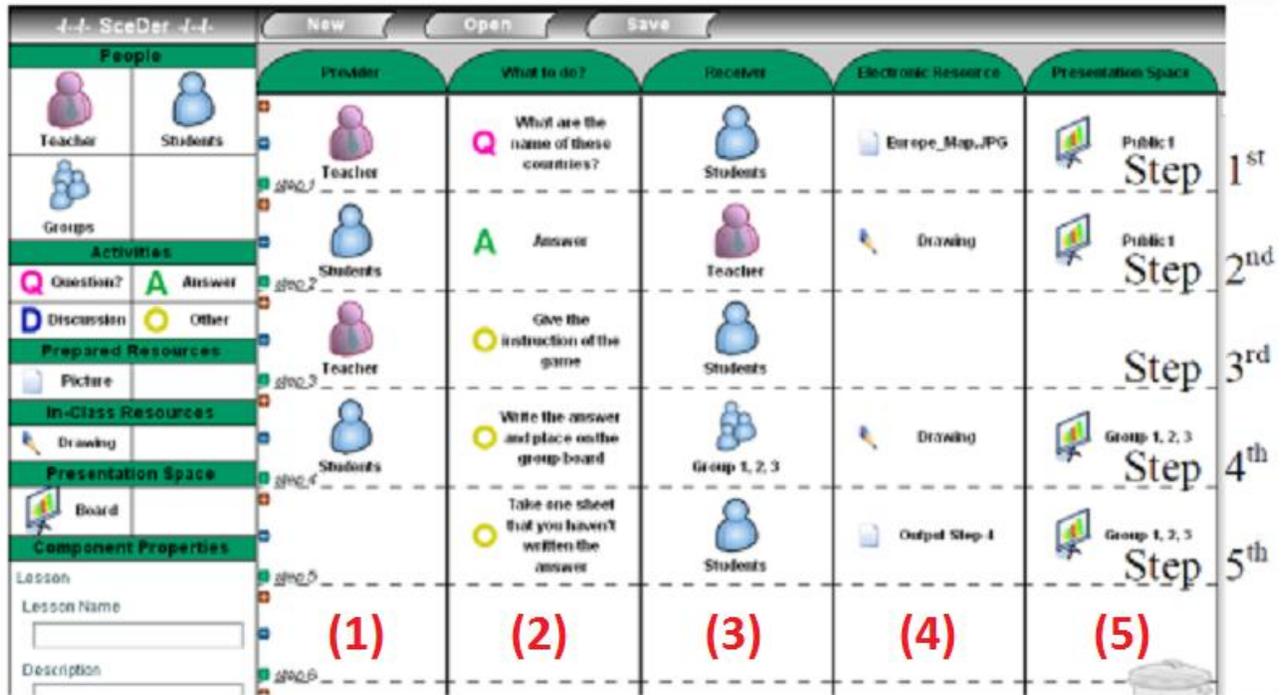


Figure 10 : Capture d'écran de l'outil « SceDer » montrant les cinq colonnes du scénario de (1) à (5) (Niramitranon, Sharples, Greenhalgh, & Lin, 2010).

D'autre part, COML permet de prédéfinir des scénarios d'apprentissage et d'organiser le contenu. Il facilite aussi la collaboration, le travail d'équipe et l'évaluation. Le Framework SceDer/COML a été développé pour surmonter le problème de modélisation des scénarios d'apprentissage collaboratif et permet une orchestration plus simple des activités d'apprentissage. Néanmoins, il est basé sur l'approche Top-Down dans laquelle les enseignants font la conception et la création du scénario d'apprentissage au début de la visite, ce qui laisse moins de possibilité pour des adaptations ou des modifications pendant le déroulement du processus de la sortie pédagogique (Niramitranon, Sharples, Greenhalgh, & Lin, 2010).

d) Le projet « LEMONADE » (2010)

LEMONADE (Learning Environment for Mobile Network-Able Devices) est un environnement qui permet la création flexible de scénarios d'apprentissage mobile. Il offre une grande souplesse pour fournir une approche générique pour la description des scénarios associés au cycle complet de la sortie pédagogique. Ce système est distribué et hétérogène, non seulement en termes de dispositifs matériels, mais aussi en termes de langages d'implémentation. Les enseignants et les apprenants utilisent LEMONADE FreeStyler plug-in implémenté en Java. Les apprenants utilisent l'application mobile LEMONADE implémenté en C # dans la salle de classe et pendant la visite. Plusieurs agents logiciels gèrent les données et le Workflow des activités dont certaines sont mis en œuvre en Java et d'autres dans le langage de programmation logique Prolog. La figure 11 explique l'architecture du projet LEMONADE (Giemza, Bollen, Seydel, Overhagen, & Ulrich Hoppe, 2010).

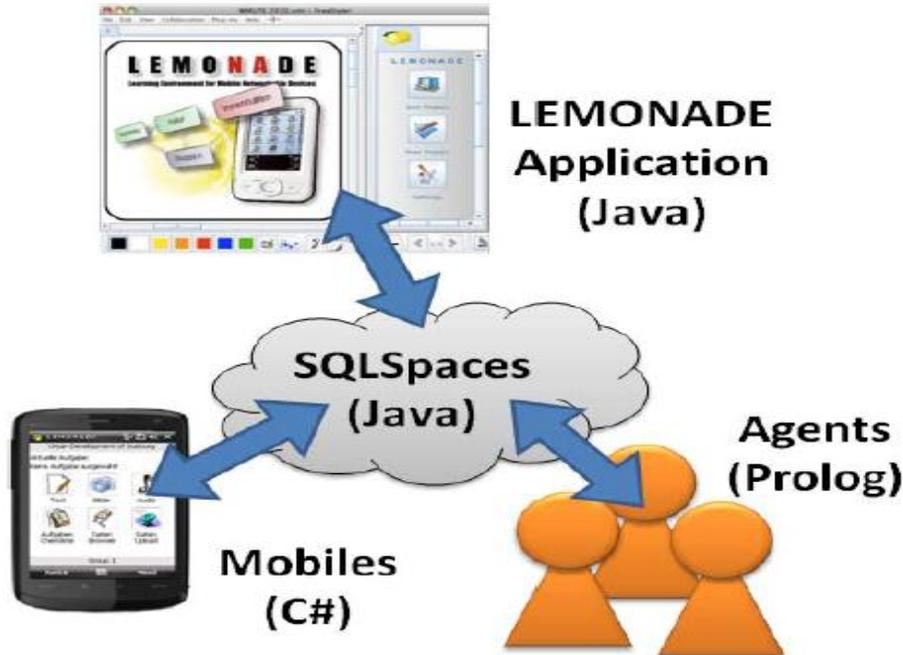


Figure 11: L'architecture du projet LEMONADE (Giemza, Bollen, Seydel, Overhagen, & Ulrich Hoppe, 2010).

LEMONADE permet de combiner les activités réalisées sur le terrain avec d'autres activités d'apprentissage en classe comme le brainstorming ou les discussions de groupe. Cependant, cet outil s'adapte peu dans le cas d'un scénario pédagogique ouvert qui ne peut pas être prévu en détail lors de la phase de conception.

e) Le projet « Mobilogue » (2013)

Mobilogue est un outil qui permet d'aider les enseignants et les apprenants dans la création et le déploiement des supports d'apprentissage qui prennent en compte la sensibilisation à l'emplacement fourni par les appareils mobiles. Ce Framework couvre l'apprentissage informel qui peut se produire pendant le déroulement des sorties pédagogiques ainsi que l'apprentissage formel décrit dans les salles de classe avant le début des visites. Outre cela, ce projet permet aussi une simplicité de scénarisation et une souplesse dans la création et le déploiement de contenu indépendamment du domaine d'étude.

Pour avoir cette souplesse, l'outil utilise un workflow d'activités pour proposer un chemin à travers des lieux physiques qui contiennent les codes QR permettant de fournir des ressources pédagogiques. Ce guidage se fait en identifiant l'emplacement de l'utilisateur grâce aux codes QR scannés et la visualisation de l'information appropriée sur le smartphone.

D'autre part, ce système fournit la possibilité d'incorporer la création d'un parcours spécifique pour guider les activités d'apprentissage informel. Cela permet aux apprenants de créer leurs chemins à travers un site (plusieurs lieux) ou un domaine particulier. La figure 12 présente l'architecture du Framework Mobilogue qui joue le rôle de médiateur entre l'environnement de création et celui de l'application mobile (Giemza, Malzahn, & Hoppe, 2013).

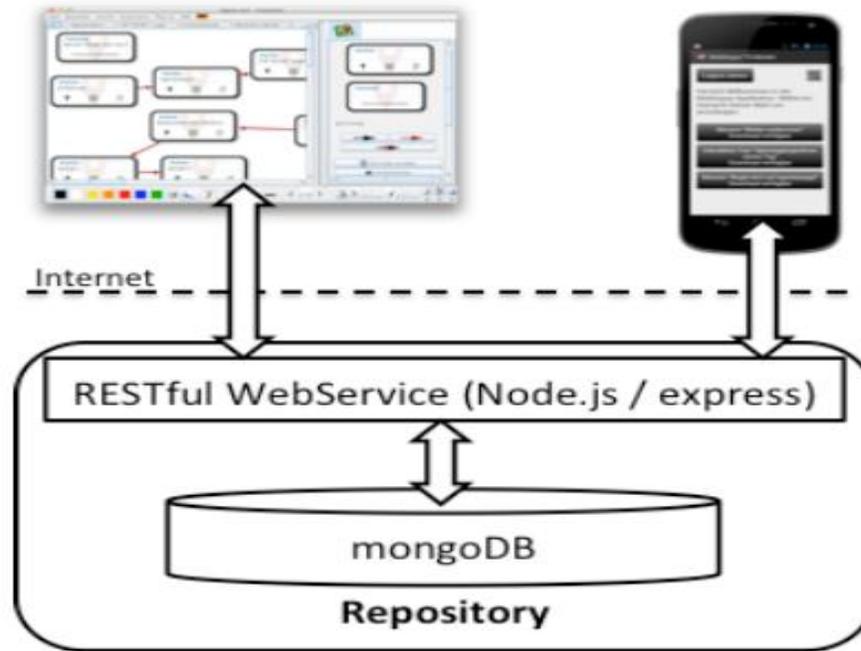


Figure 12: L'architecture du Framework mobiloque (Giemza, Malzahn, & Hoppe, 2013).

f) Synthèse sur les applications indépendantes du domaine d'étude

Le tableau 9 résume les principales caractéristiques des techniques d'orchestration qui peuvent être intégrées dans des plateformes d'apprentissage de type ad hoc pour des applications indépendantes des domaines d'études.

Tableau 9: Les plateformes d'apprentissage de type ad hoc pour les applications indépendantes des domaines d'étude.

Travaux	Projet RAFT	Projet ENLACE	SceDer/COML	Projet LEMONADE	Projet Mobiloque
Caractéristiques					
Supporter le contexte de localisation de l'apprenant	Oui	Oui	Oui	Oui	Oui
Interaction entre les participants	Chat	Chat	Chat	Chat	Chat
Enrichissement du scénario	Instructeur+ apprenant	Instructeur+ apprenant	Instructeur	Instructeur	Instructeur +apprenant
Collaboration en temps réel	Oui	Oui	Non	Non	Oui
Intégration des 3 phases de la Sortie pédagogique	Non	Non	Non	Oui	Non
Supporter les situations inattendues	Non	Oui	Non	Non	Non

Dans ce tableau, nous remarquons que toutes les techniques présentées prennent en compte le contexte de localisation des apprenants mais la majorité d'entre elles ne supportent pas l'intégration des situations non prévues pendant la phase de scénarisation.

II.4. Discussions sur les techniques d'orchestration

La liste des techniques d'orchestration présentées précédemment n'est pas exhaustive. En effet, dans le cadre des scénarios de type sortie pédagogique, nous pouvons trouver d'autres styles d'orchestration basés sur l'utilisation des SMAs (Systèmes Multi Agents) ou impliquant des ontologies. Ces styles alternatifs ne peuvent être classés dans le cadre des deux approches présentées précédemment car ils sont considérés comme des nouveaux paradigmes d'orchestrations. Dans ce qui suit, nous allons décrire les méthodes qui utilisent les SMAs et les ontologies dans le processus d'orchestration.

II.4.1. L'orchestration à l'aide des SMAs

Le domaine des SMAs se caractérise par les interactions, l'autonomie et la distribution des agents. Cette organisation implique une distribution du contrôle et des connaissances : chaque agent possède une connaissance parcellaire et tous coopèrent pour un objectif global. Les SMAs sont une approche originale de conception des systèmes intelligents et coopératifs car ils se caractérisent par la distribution du contrôle global du système et par la présence d'agents autonomes évoluant dans un environnement partagé et dynamique (Ferber, 1995).

Dans ce contexte, Sun et al. utilisent les SMAs pour faciliter l'autonomie et l'adaptabilité pendant le déroulement de la visite à travers la création de cinq types d'agents : (1) l'agent apprenant, (2) l'agent d'enregistrement, (3) l'agent de modélisation, (4) l'agent objet d'apprentissage et (5) l'agent d'évaluation (Sun, Joy, & Griffiths, 2005). Ce modèle cherche à automatiser le travail de l'instructeur et des experts pendant le déroulement du scénario de formation. Cependant, cette solution est peu sensible au contexte réel des communications (les messages synchrones ou asynchrone) et ne peut pas recommander les activités d'apprentissage en fonction de la localisation physique des apprenants.

Selon Mazyad, l'apprentissage humain à l'aide de la technologie SMA peut se faire à distance et de façon collaborative dans le cadre d'un scénario de formation mais cela implique de nouveaux rôles pour l'enseignant ainsi que pour les apprenants. Il est donc essentiel de définir ces rôles pour identifier les besoins qui en découlent pour pouvoir intégrer à l'outil informatique des fonctionnalités afin de satisfaire ces besoins. En effet, il est essentiel de fournir aux enseignants et aux apprenants la possibilité d'avoir des informations sur la progression de leur apprentissage ainsi que sur les niveaux de collaboration et de sociabilité de chaque apprenant et du groupe (Mazyad, 2013). Dans ce contexte, les SMAs peuvent s'adapter à la conception des systèmes d'apprentissage mobile ou la localisation, l'historique ainsi que la connaissance évoluent avec le temps. Un autre avantage des SMAs qui est très utile pour notre processus d'apprentissage est le fait de pouvoir ajouter des nouveaux agents ou de changer le comportement de certains agents sans affecter toute la structure du

dispositif ce qui permet un développement incrémental de notre système. En effet, dans le cadre des visites pédagogique nous pouvons définir de nouveaux rôles pour l'enseignant (l'instructeur de la visite) et les apprenants (les visiteurs) dans le contexte d'un apprentissage collaboratif utilisant les SMAs. Cependant, l'ensemble des activités des agents dépend profondément des informations conceptuelles disponibles dans le modèle de comportement choisi et de la coordination des différents processus de communication. Ce mode d'orchestration des activités d'apprentissage mobile peut difficilement supporter des situations non prévues pendant la phase de planification de la visite.

II.4.2.L'orchestration sémantique à l'aide des ontologies

Une ontologie est constituée de concepts jugés significatifs du domaine d'application. Parmi les structurations possibles, la plus courante est de type taxinomique, où les concepts sont divisés en sous-concepts, ce qui permet d'instancier des « individus » et d'édifier une structure hiérarchique. Nous distinguons différents types d'ontologies : (1) les ontologies du domaine, spécifiques à un domaine particulier et parfois réutilisables, (2) les ontologies de l'application, qui contiennent les éléments nécessaires à une application donnée, (3) les ontologies génériques, qui couvrent plusieurs domaines, et enfin (4) les méta-ontologies, qui décrivent des primitives pour les langages de « représentation » des connaissances (Fontaine, 2006).

Dans le cadre de l'apprentissage mobile, le processus d'adaptation aux besoins spécifiques des apprenants concerne les ressources à consulter et les activités à réaliser pendant le déroulement de la visite. Cette adaptation est basée sur un modèle composé d'entités et de relations qui forment une ontologie permettant de représenter les connaissances contextuelles. Cette ontologie doit être capable de capturer toutes les caractéristiques du contexte de l'apprenant et de l'environnement d'apprentissage. Elle est divisée en trois catégories de contexte (Sudhana, Raj, & Suresh, 2013) :

- (1) la situation actuelle de l'utilisateur identifiée par des dimensions comme la plateforme (matériel, logiciel, réseau de bande passante, etc.) et des informations comme le pays, la ville, etc.
- (2) le domaine qui est utilisé à la fois pour le modèle d'ontologie utilisateur et les modèles de ressources (le thème, la langue, etc.).
- (3) le contexte d'activité qui aide l'apprenant à mieux se concentrer sur ses activités d'apprentissage de manière à obtenir des ressources bien adaptées à ses intérêts et ses objectifs.

Dans ce qui suit, nous citons des travaux qui utilisent les ontologies dans le cadre des scénarios de type sortie pédagogique.

Le projet HIPPIE a été un des premiers projets à utiliser une ontologie capable de prendre en compte le contexte de localisation de l'apprenant. Ce projet se base sur l'annotation sémantique des œuvres et des ressources d'apprentissage par la taxonomie ICONCLASS et le profil utilisateur. Ainsi, lorsqu'un utilisateur est devant une œuvre, le système peut alors lui présenter des documents faisant le lien entre son profil et les caractéristiques de l'œuvre (Oppermann & Specht, 2000).

Le projet CHIP, quant à lui, a pour objectif de permettre la recommandation d'œuvres sur la base des habitudes de navigation des apprenants en fonction des liens directs existants dans l'ontologie (Wang, Stash, Aroyo, Hollink, & Schreiber, 2009). Cependant, dans les systèmes précédents, la prise en compte du contexte se limite à celui de l'œuvre que considère l'utilisateur et ne permet pas de fournir d'autres types d'activité comme les quiz d'autoévaluation afin de bien personnaliser le parcours de visite correspondant à chaque apprenant.

Dans (Gicquel & Lenne, 2013), les auteurs se basent sur une modélisation sémantique du domaine d'apprentissage et du contexte de la visite afin d'adapter les activités et les interactions proposées en fonction des intérêts et de la localisation du visiteur. Ce mécanisme d'adaptation permet de définir des proximités sémantiques et contextuelles qui permettent de générer des aides à l'apprentissage (recommandations, jeux d'auto-évaluation) tout en évaluant l'adéquation au contexte de ces activités.

Dans le cadre des scénarios de types sortie pédagogique, l'utilisation des ontologies semble bien adaptée à l'instrumentation des situations d'apprentissage informelle car elles peuvent modéliser les informations purement contextuelles ainsi que les connaissances propres à un domaine d'application. En effet, les connaissances propres à un domaine sont souvent « statiques » et peuvent permettre un contrôle pédagogique du système par l'enseignant. Cependant, les informations liées au contexte de l'apprenant sont dynamiques car elles dépendent des paramètres comme la localisation, les prérequis, etc. Pour cela, les activités à suggérer pendant la visite dépendent de la représentation sémantique du domaine ainsi que du contexte de l'apprenant. Par conséquent, ce type d'orchestration prend difficilement en compte la gestion des situations imprévues qui ne sont pas planifiées au début du scénario de la sortie pédagogique. Le tableau 10 présente une synthèse des caractéristiques relatives aux différentes approches de techniques d'orchestration des activités d'apprentissage mobile.

Tableau 10: Synthèse sur les différentes approches d'orchestration

Travaux	Extension des plateformes existantes	Plateformes d'apprentissage de type ad hoc	SMA	Ontologies
Caractéristiques				
Supporter le contexte de localisation de l'apprenant	Oui	Oui	Oui	Oui
Interaction entre les participants	Chat	Chat	Les messages entre agents	Chat
Enrichissement du scénario	Instructeur	Apprenant	Agents	Apprenant
Collaboration en temps réel	Chat /wiki	Chat	Échange de message	Annotation des ressources
Intégration des 3 phases de la sortie pédagogique	Oui	Seulement la phase de visite	Seulement la phase de visite	Seulement la phase de visite
Supporter les situations inattendues	Non	Non	Non	Non

Dans ce tableau, nous remarquons que toutes les techniques présentées prennent en compte la localisation des apprenants. Cependant, l'ensemble des méthodes d'orchestration ne supporte pas l'intégration des situations non prévues pendant la phase de scénarisation.

II.5. Conclusion du chapitre II

En général, les techniques d'orchestration basées sur l'extension des plateformes d'apprentissage existantes ne permettent pas aux enseignants d'associer les activités à réaliser par les apprenants aux lieux à visiter pendant la sortie pédagogique [6] [7]. Par conséquent, elles se basent sur la collaboration en temps réel des apprenants et sur l'intégration des trois phases de la visite afin d'atteindre les objectifs d'apprentissage. Cependant, ce mode d'orchestration ne supporte pas les contraintes liées au déroulement du scénario comme par exemple l'adaptation des activités d'apprentissage en fonction du point de départ de l'apprenant. La difficulté vient du fait que le contexte d'apprentissage dépend fortement de la localisation de l'apprenant, de son profil ainsi que de l'historique de la sortie pédagogique [5].

L'orchestration des activités d'apprentissage dans les plateformes de type ad hoc est en plein essor avec différentes approches et techniques destinées à fournir un apprentissage adaptatif selon le contexte dynamique de l'apprenant qui dépend fortement de sa position instantanée. Cependant, nous constatons que la majorité des techniques d'orchestration présentées dans le cadre de cet état de l'art supportent peu les situations imprévues qui peuvent surgir pendant le déroulement du scénario d'apprentissage.

Pour approfondir les moyens de prendre en compte ces imprévus, nous allons explorer d'autres pistes basées sur la recommandation des activités d'apprentissage mobile dans le prochain chapitre.

Chapitre III. Recommandation des activités d'apprentissage mobile

III.1. Introduction

L'informatique joue un rôle de premier plan dans l'émergence des phénomènes d'intelligence collective. Dans cette perspective, les systèmes de recommandations notamment basés sur le filtrage collaboratifs sont des éléments moteurs de cette évolution car ils permettent d'exploiter différentes formes de coopérations entre les individus (Lancieri, 2015).

Dans ce chapitre, nous introduisons la notion de systèmes de recommandations, puis nous indiquons dans la troisième section, en quoi de tels systèmes trouvent leurs intérêts dans un contexte de mobilité. Ensuite, nous montrons que les systèmes peuvent être utilisés pour fournir des supports pédagogiques ciblés dans la cadre d'un processus de formation. Dans la cinquième section de ce chapitre, nous citons des exemples de recommandation basés sur l'utilisation des réseaux sociaux par les apprenants. Avant de conclure, nous passons en revue les différents travaux existants sur les scénarios de type sortie pédagogique permettant de recommander des activités en situation d'apprentissage mobile.

III.2. Les systèmes de recommandations

Un système de recommandation a pour objectif de fournir à un utilisateur des ressources pertinentes en fonction de ses préférences (exprimées ou non). Cela permet de réduire son temps de recherche et de recevoir des suggestions personnalisées de la part du système. L'essor du Web et sa popularité ont notamment contribué à la mise en place de tels systèmes comme la recommandation des articles sur le site Web Amazon²¹ spécialisé dans le domaine du e-commerce. Les systèmes de recommandation peuvent être vus initialement comme une réponse donnée aux utilisateurs ayant des difficultés à prendre une décision dans le cadre d'utilisation d'un système de recherche d'information "classique" (Béchet, 2012).

²¹ <http://www.amazon.com/>

D'autre part, l'objectif d'un système de recommandation est d'aider les utilisateurs à faire leurs choix dans un domaine où ils disposent de peu d'informations pour trier et évaluer les alternatives possibles. Selon Resnick et Varian (1997), un système de recommandations peut être composé en trois entités de base : (1) le groupe d'agents « *producteurs* » de recommandations, (2) le module de « *calcul* » de recommandations et (3) le groupe de « *consommateurs* » des recommandations comme cela est indiqué la figure 13 (Resnick & Varian, 1997) :

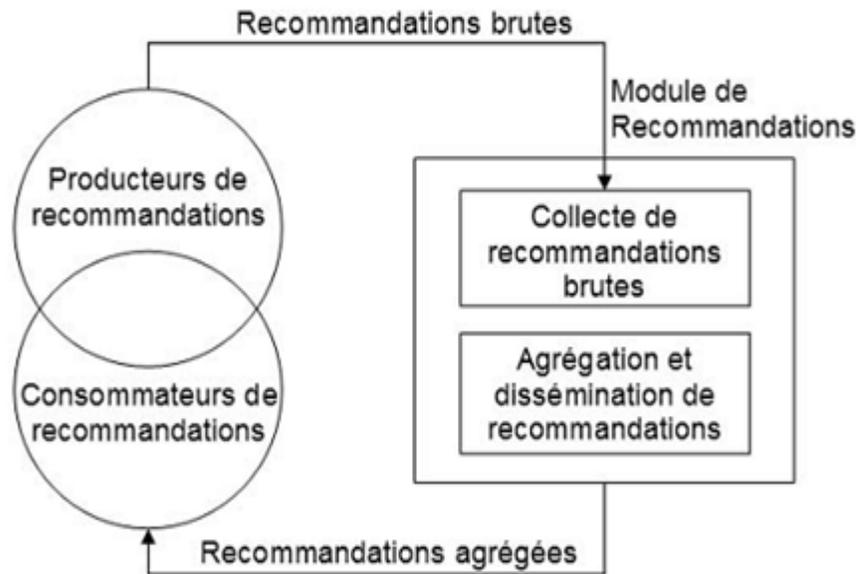


Figure 13: Architecture générale d'un système de recommandation (Resnick & Varian, 1997)

Le défi majeur dans le domaine de la conception de systèmes de recommandations est le suivant : « *Comment produire des recommandations personnalisées et de haute qualité tout en minimisant l'effort requis de la part des producteurs et des consommateurs ?* » (Chelcea, Gallais, & Trousse, 2004). Actuellement, il existe deux approches pour extraire de l'information pertinente (Wei, Jennings, Moreau, & Hall, 2008) : (1) le filtrage basé sur le contenu et (2) le filtrage collaboratif.

III.2.1. Filtrage basé sur le contenu (Content-based Filtering)

Le filtrage basé sur le contenu s'appuie sur le contenu des documents (thèmes abordés) pour les comparer à un profil lui-même constitué de thèmes, dans ce cas les documents recommandés doivent être les plus proches de ce profil (Zaier, 2010).

L'utilisateur peut évaluer les documents de manière explicite en attribuant une note à chacun d'eux ou de manière implicite. Dans ce cas, le système déduit à partir des actions de l'utilisateur l'importance du document. La mise à jour du profil se fait par intégration des thèmes abordés dans les documents jugés pertinents. Ce profil peut prendre diverses formes, mais il repose généralement sur des termes (mots clé) qui seront comparés aux termes qui indexent les documents (Boussebough, 2011).

Comme limites du filtrage basé sur le contenu, nous citons (Zaier, 2010) (Boussebough, 2011) :

- (1) la difficulté d'indexation des documents multimédias liée à la croissance et au problème d'identification des contenus pertinents de ce type de documents.
- (2) l'effet entonnoir où le profil de l'utilisateur évolue par restriction progressive sur les thèmes recherchés. L'utilisateur ne reçoit alors que les recommandations relatives aux thèmes présentés dans son profil (le filtrage par contenu peut restreindre alors le champ de vision de l'utilisateur qui ne peut pas découvrir de nouveaux domaines potentiellement intéressants pour lui)
- (3) l'effet de masse dans lequel l'utilisateur ne bénéficie pas des jugements que d'autres utilisateurs peuvent faire sur les documents qu'il reçoit, l'utilisateur doit procéder lui-même à l'analyse des documents reçus.

III.2.2.Filtrage collaboratif (Collaborative Filtering)

La motivation du filtrage collaboratif (Collaborative Filtering), terme introduit en 1994, est d'étendre la notion de bouche à oreille entre amis à des milliers de personnes sur Internet : vos amis (quelques personnes) peuvent vous recommander ce qu'ils ont apprécié ; sur Internet des milliers d'individus sont susceptibles de vous donner leur avis. Les objets pour lesquels on veut évaluer l'intérêt des internautes peuvent être de toute sorte : les films, la musique, les restaurants, les jeux, les blagues, les articles, etc. (Bedi, Sharma, & Kau, 2009) (Gao, Wang, & Cerrone, 2002) (Lancieri, Manguin, & Mangon, 2008).

Selon Béchet, nous pouvons distinguer deux types de filtrage collaboratif : (1) le filtrage collaboratif actif qui repose sur des évaluations (notes, commentaires) fournies de façon explicite par des utilisateurs et (2) le filtrage collaboratif passif qui repose sur une analyse des comportements des utilisateurs faite en « arrière-plan ». On établit ainsi une relation implicite entre l'activité de l'utilisateur et ses préférences (Béchet, 2012).

III.2.3.Synthèse

Outre les approches fondées sur le contenu, le filtrage collaboratif ou hybride, il existe d'autres approches dans la littérature qui prennent en compte des connaissances dites psychologiques (Masthoff & Gatt, 2006) (Saari, Ravaja, Laarni, & Turpeinen, 2005). En effet, la tendance actuelle des systèmes de recommandation est plutôt axée sur des méthodes multicritères, multidimensionnelles qui se basent sur des notions psychologiques comme les émotions et les opinions. Cependant un système de recommandation doit avant tout s'adapter aux données que l'on proposera à un utilisateur. Ainsi, le choix d'une méthode de recommandation doit en premier lieu être dirigé par ce besoin (Béchet & Aufaure, 2011).

Dans le cadre de notre thèse nous nous intéressons particulièrement à la recommandation des activités d'apprentissage liées à des lieux que d'autres ont déjà visité et évalué de façon explicite ou implicite. En effet, le filtrage collaboratif tient compte de la proximité entre les apprenants, cette proximité traduit bien la similitude des intérêts dans le but de faire émerger la notion de groupe ou de

communauté (Lopez, 2005). Par exemple, si deux apprenants A et B ont évalué un certain nombre d'activités pédagogiques de façon similaire, il y a de fortes chances que les apprenants A et B partagent les mêmes intérêts dans le cadre du scénario d'apprentissage. Cependant, tous les systèmes de recommandation souffrent du problème de « démarrage à froid ». Lorsqu'un utilisateur s'inscrit et commence à utiliser le système, son profil est souvent très pauvre, voire inexistant, et ses communautés sont encore inconnues. Même avec un profil de démarrage, une période d'apprentissage est toujours nécessaire avant que le profil ne reflète concrètement les préférences de l'utilisateur. Par conséquent, le système ne peut pas lui fournir des recommandations pertinentes (Boussebough, 2011). Nous verrons dans la partie 2 de notre mémoire que nos propositions dans ce domaine permettent de limiter l'effet du démarrage à froid

III.3. Les systèmes de recommandations et la mobilité

En contexte de mobilité, la localisation géographique de l'utilisateur est le premier filtre qui va venir s'ajouter au filtre traditionnel du profil de l'utilisateur. Les premiers services associant la localisation ont été développés dans les systèmes de navigation pour automobile maintenant largement diffusés. Le conducteur peut ainsi recevoir des conseils de guidage tout au long de son trajet, avec des messages visuels ou audio lui indiquant la route à suivre. Ces conseils utilisent la connaissance de l'itinéraire préalablement calculé et de la position instantanée du véhicule. Plus récemment, les « Location-based Services ou LBS », utilisant la position du mobile obtenue par triangulation permettent d'envisager le même type de services pour des piétons (Chelcea, Gallais, & Trousse, 2004). Ce genre d'application se base sur l'évolution continue des appareils mobiles et des technologies de la communication. Il est de plus en plus accessible non seulement dans de vastes environnements urbains, mais aussi dans les centres commerciaux, musées et autres environnements intérieurs. Pour cette raison, les LBSs ont été appliqués dans les services d'urgences, les services de tourisme, services de transport intelligents, les jeux, les services d'assistance, etc. (Raper, Gartner, Karimi, & Rizos, 2007).

Dans ce type de scénario, la découverte des paramètres décrivant le contexte d'apprentissage mobile se fait à partir d'un terminal lors d'une session sur Internet. Ces paramètres permettent de fournir un contenu qui s'adapte automatiquement au terminal (taille et résolution d'écran), à son mode d'accès (clavier de bureau, reconnaissance vocale,...), à sa puissance de calcul, ses capacités de stockage et bien sûr aux capacités du réseau de communication (Thevenin & Coutaz, 1999). L'intérêt pour les personnes à mobilité réduite est évident : passage automatique du terminal en mode vocal, sélection transparente des systèmes d'information adaptés aux déficients visuels, choix des modes de transport adaptés (transport en commun, transport à la demande), délivrance d'un message personnalisé à l'arrivée (Chelcea, Gallais, & Trousse, 2004).

D'autre part, les systèmes de recommandation, et notamment le filtrage collaboratif, sont traditionnellement utilisés dans les domaines du e-commerce et de la navigation web pour suggérer des ressources pertinentes aux utilisateurs au moment adéquat.

Ces dernières années, le domaine du m-commerce a émergé favorisant les services de recommandations diffusées sur un mobile impliquant une adaptation aux nouvelles contraintes de ce type de terminaux (batterie, capacité d'accueil,...) (Zenebe, Ozok, & Norcio, 2005). Dans ce contexte, le m-commerce est actuellement considéré par certains acteurs comme un complément et un remplaçant potentiel du e-commerce (Brun & Boyer, 2010). La recherche dans le domaine des systèmes de recommandation en m-commerce s'est d'ailleurs accélérée ces dernières années. Dans ce cadre, les applications sont nombreuses et variées, nous pouvons mentionner par exemple le tourisme (Wang, Stash, Aroyo, Hollink, & G, 2009) ou la recommandation dans le domaine de la restauration (Hosseini-Pozveh, Nematbakhsh, & Movahhedinia, 2009). Ce type d'applications peut aider les touristes pendant leurs visites d'une région durant un ou plusieurs jours. Cependant, parfois, il n'est pas possible de visiter toutes les attractions touristiques ou les sites du patrimoine culturel lors cette période limitée. Le touriste doit donc faire une sélection des points d'intérêt (POI) à visiter.

Niaraki et Kim ont développé une méthode pour personnaliser la planification d'itinéraire. Ils évaluent plusieurs critères qui sont définis dans une ontologie décrivant les segments de la route à suivre. L'utilisateur déclare ses préférences comme le volume de trafic, le nombre de POIs à parcourir, etc. Des algorithmes comme le plus court chemin de Dijkstra²² peuvent être utilisés pour calculer des itinéraires personnels du point de départ au point d'arrivée sur la base de ces déclarations (Niaraki & Kim, 2009).

Yu et Chang ont élaboré un cadre pour la recommandation personnalisée des hôtels, des restaurants et des POIs. Ils ont combiné ces trois fonctionnalités dans un processus de recommandation de tournée qui recommande une visite personnalisée sur la base de l'heure actuelle et du lieu où se trouve l'utilisateur ainsi que ses centres d'intérêts (Yu & Chang, 2009). Dans ce contexte, nous pouvons définir le « m-tourisme » comme un terme qui désigne les applications liées à l'industrie du tourisme et aux nouvelles technologies.

City Trip Planner² peut être considéré comme un exemple de « m-tourisme » car il permet de faire des excursions en ville adaptées au contexte de l'utilisateur et à ses intérêts personnels. Ce système prévoit des visites sur plusieurs jours en proposant pour chaque POI de multiples créneaux horaires qui peuvent changer quotidiennement. En outre, les pauses de déjeuner peuvent également être programmées et l'office de tourisme local peut suggérer quelques POIs à inclure dans le voyage initial. D'autre part, City Trip Planner² intègre la sélection et le routage entre ces POIs (Vansteenwegen, Souffriau, Vanden Berghe, & Van Oudheusden, 2010).

La figure 14 montre un autre exemple plus récent d'application de type « m-tourisme » nommé « Aurigo » qui permet aussi de planifier des itinéraires pour faire une visite personnalisée. Cette application se base sur un algorithme de recommandation et sur une interface de visualisation utilisant une carte interactive (Yahi, et al., 2015).

²² https://fr.wikipedia.org/wiki/Algorithme_de_Dijkstra

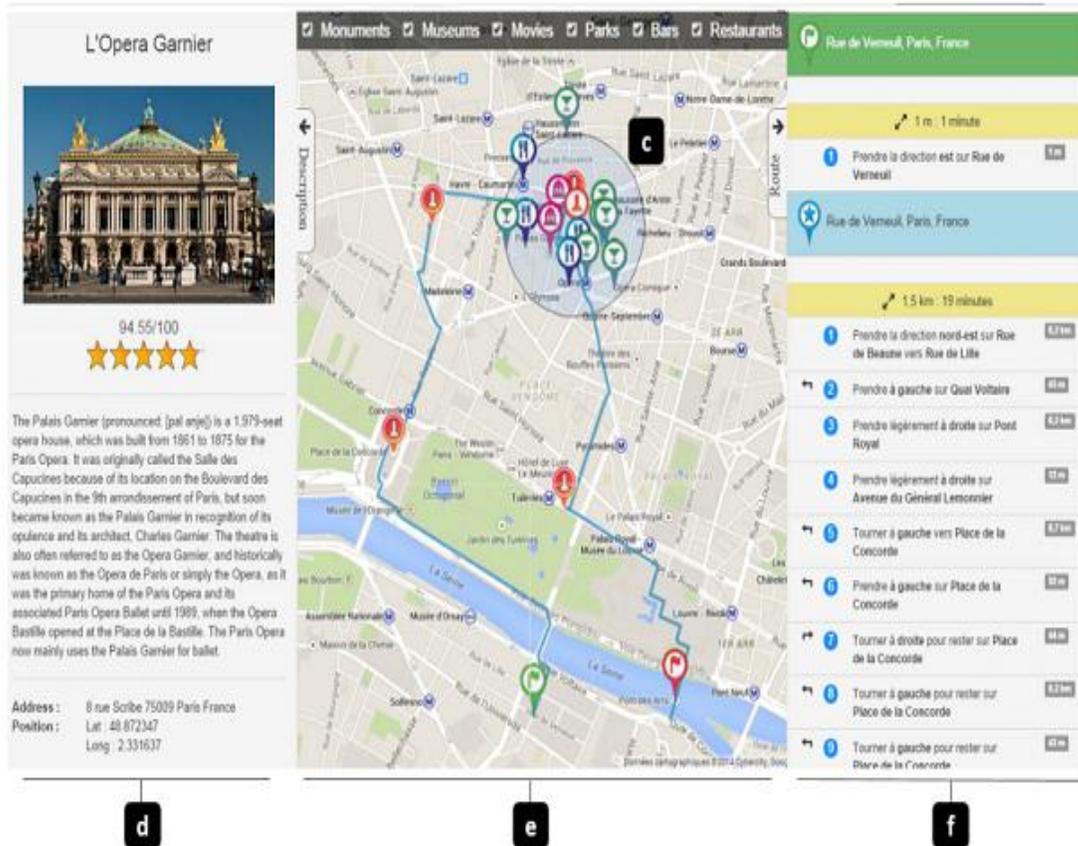


Figure 14: La page d'exploration de Aurigo décrit une tournée composée de (a) la distance totale, (b) la barre de filtre, (c) le rayon, (d) le panneau de description, (e) la carte et (f) la Route

D'autre part, la plate-forme GAT offre une solution pour la construction rapide d'application de type « m-tourisme ». Cette plateforme permet de faire la gestion automatique des connaissances liés au contexte. Elle permet aussi la génération d'applications sur des dispositifs mobiles (Smartphone) tout en supportant les deux types d'environnements (indoor et outdoor) ainsi que des technologies comme le GPS, Wi-Fi, Bluetooth et les codes QR (Rodriguez-Sanchez, Martinez-Romo, Borromeo, & Hernandez-Tamames, 2013).

Cet état de l'art permet de recenser les domaines et les travaux utilisant la recommandation dans un contexte de mobilité. Les LBSs regroupent plusieurs domaines comme le m-commerce ou m-tourisme exploitant un service de localisation et les profils déclarés par les utilisateurs.

Dans notre thèse, nous allons nous intéresser à la localisation des POIs dans le cadre du déroulement du scénario de la sortie pédagogique. Toutefois, nous pouvons intégrer certaines fonctionnalités spécifiques au LBSs comme la planification de la visite ou l'enrichissement des POIs par l'office de tourisme, etc. Cependant, la recommandation des POIs dans le cas du m-tourisme ou du m-commerce n'intègre pas tous les éléments nécessaires à un objectif pédagogique.

III.4. Les systèmes de recommandations et la formation

Les systèmes de recommandation permettent de générer des suggestions sur de nouveaux items ou de prédire l'utilité d'un item pour un utilisateur donné. Dans le domaine des EIAHs, ces systèmes permettent d'estimer l'intérêt d'un utilisateur pour une ressource ou une activité d'apprentissage donnée à partir de certaines informations relatives à d'autres utilisateurs similaires. Selon Drachsler, la recommandation des contenus d'apprentissage à partir d'un ensemble de choix potentiellement très large peut se faire en utilisant les expériences d'une communauté d'apprenants (Drachsler, 2014).

En effet, dans la littérature, beaucoup de systèmes d'apprentissage peuvent offrir des recommandations personnalisées aux apprenants. Ces systèmes se basent sur des technologies telles que les métadonnées et les ontologies pour définir les relations, les conditions et les dépendances entre les ressources d'apprentissage et les modèles d'apprenants (Manouselis, Drachsler, Verbert, & Duval, 2012). Ces systèmes sont principalement utilisés dans les applications de type « closed-corpus » où les ressources d'apprentissage peuvent être décrites par le concepteur du scénario à travers des relations sémantiques permettant d'offrir un apprentissage formel (Brusilovsky & Henze, 2007).

Dans les milieux éducatifs institutionnels comme les universités, le scénario d'apprentissage est bien structuré grâce à des relations formelles (métadonnées) qui intègrent les procédures d'accréditation, les profils d'apprenants, etc. Ces métadonnées peuvent être utilisées pour recommander des cours à travers l'adaptation des ressources à consulter et des activités à réaliser par rapport aux différents profils des apprenants. Dans ce contexte, les Systèmes Hypermédias Éducatifs (SHE) peuvent être utilisées pour personnaliser l'apprentissage en se basant sur (1) un modèle d'apprenant décrit à partir de ses intérêts, ses prérequis, etc. et (2) un mécanisme permettant l'adaptation de l'hypermédia selon l'état du modèle de l'utilisateur (Brusilovsky & Nejd, 2004). Cependant, dans ce genre de systèmes, de nombreuses activités de conception sont nécessaires avant l'exécution et aussi lors de la maintenance de l'environnement d'apprentissage. En outre, les domaines de connaissances dans l'environnement d'apprentissage doivent être décrits en détail. Pour cette raison, ces techniques d'hypermédiatifs sont de moins en moins appliquées dans le cadre de la recommandation des activités d'apprentissage (Manouselis, Drachsler, Verbert, & Duval, 2012).

Pour résoudre ce problème de conception des SHEs, les réseaux d'apprentissage informel présentent une solution intéressante car ils peuvent aider à construire une première représentation du domaine de connaissance. Ce type de réseau est peuplé par de nombreux apprenants et propose des activités prévues par les « facilitateurs » de l'apprentissage. Dans le cadre du scénario de formation, chaque apprenant est autorisé à ajouter, modifier, supprimer ou évaluer les ressources d'apprentissage à tout moment (Koper, Rusman, & Sloep, 2005). Ensuite, les techniques d'extraction de données doivent être en mesure de créer une représentation du modèle de l'utilisateur ou du domaine. Cependant, cette représentation est parfois significative car elle repose sur des informations fournies par les apprenants sans aucune normalisation (pas d'information sur le profil).

D'autre part, Selon Brusilovsky et Henze, l'absence de la maintenance de la structure dans l'apprentissage informel est appelé le «problème de corpus ouvert». Ce problème surgit lorsque les ressources d'apprentissage fournies par les apprenants ne peuvent pas être indexées avec des concepts du domaine ou les métadonnées d'une communauté (Brusilovsky & Henze, 2007). Par conséquent, les techniques de recommandation comme le filtrage collaboratif sont plus appropriées car elles nécessitent peu d'entretien et permettent d'améliorer le comportement émergent de la communauté. Drachsler et al. ont analysé comment les différents types de techniques de filtrage collaboratif peuvent être utilisés pour assister les apprenants dans les réseaux d'apprentissage informel (Drachsler, Hummel, & Koper, 2008). Suite à leurs conclusions, nous pouvons considérer que les systèmes de recommandation fournissent une aide contextuelle qui permet de guider les apprenants pendant le déroulement de leurs apprentissages. Pour atteindre cet objectif, plusieurs systèmes de recommandation destinés à l'apprentissage ont exploité des techniques de filtrage collaboratif au cours de la dernière décennie. Citons à titre d'exemple les projets : Altered Vista (2003), RACOFI(2003) et QSIA(2004)

Altered Vista est un système d'enseignement qui prend en charge une forme d'apprentissage collaboratif contextuel. Sa conception intègre une forme de filtrage collaboratif qui, par des moyens informatiques et statistiques, utilise le travail des individus au profit d'un groupe d'utilisateurs. Altered Vista est conçu pour fournir, sur demande, des recommandations de sites Web personnalisés ou de contacts. Cela permet de propager des opinions de bouche-à-oreille dans les milieux éducatifs afin de recommander un réseau de personnes potentiellement intéressantes (Recker & Walker, 2003).

Le projet RACOFI Musique permet aux apprenants de se familiariser avec la musique canadienne contemporaine. Ce système aide les utilisateurs en ligne dans le classement et la recommandation des objets audio. Il permet aux utilisateurs d'évaluer la musique canadienne contemporaine selon cinq dimensions : (1) l'impression, (2) les paroles, (3) la musique, (4) l'originalité et (5) la production. Les algorithmes de filtrage collaboratif sont ensuite utilisés pour recommander des objets musicaux proches de l'intérêt exprimé par les requêtes des utilisateurs afin de lui garantir un bon apprentissage des caractéristiques de la musique canadienne contemporaine (Anderson, et al., 2003).

Le projet QSIA (Questions Sharing and Interactive Assignment) est un système distribué basé sur le Web qui décrit un environnement pour l'apprentissage, l'évaluation et le partage des connaissances. En effet, ce projet permet des collaborations par l'intermédiaire de recommandations en ligne et génère de nouvelles communautés d'enseignants et d'apprenants. En même temps, le projet QSIA favorise l'apprentissage individuel et pourrait favoriser la capitalisation de l'intelligence collective des apprenants (Sheizaf, Miri, Yuval, & Eran, 2004).

Dans le cadre de cette thèse, nous utiliserons les systèmes de recommandation pour fournir aux apprenants des ressources d'apprentissage permettant la description des lieux visités dans le cadre des sorties pédagogiques. Ces ressources peuvent être accessibles grâce à des liens hypertextes correspondants à des POIs.

III.5. Les systèmes de recommandations et les réseaux sociaux

Les techniques de recommandation qui utilisent les données issues d'un réseau social sont nommées SNBLs (Social Network-Based Recommendation). La majorité de ces techniques se basent sur les approches traditionnelles de filtrage de contenus ou de filtrage collaboratif avec des améliorations et des extensions qui permettent d'intégrer facilement des données sociales. Dans ce qui suit, nous présentons les trois approches principales associées à ce type de recommandation.

III.5.1.Recommandation basée sur la confiance

Ces dernières années, la croissance des réseaux sociaux a permis le développement des techniques basées sur la confiance (trust-based recommendation). Citons à titre d'exemple, « FilmTrust » et « TrustedOpinion » qui sont des systèmes de recommandation de restaurants, cafés, bars et films à travers un site web²³. Ces formes de recommandation sociales sont organisées en deux étapes principales : (1) la construction d'un modèle de confiance et (2) l'utilisation d'un modèle de calcul pour estimer le niveau d'intérêt d'un objet pour un individu (Le Tran, 2011).

Dans la littérature, la notion de « confiance » peut être définie grâce à la relation d'amitié décrite à l'aide du graphe social. En effet, dans un réseau social, les éléments communs entre deux individus (l'appartenance aux mêmes communautés, les objets qu'ils aiment,...) peuvent être utilisés pour calculer une valeur de confiance. Les systèmes de recommandation comme SoNARS adoptent cette définition pour faire un filtrage collaboratif classique basé sur la relation de similarité entre les individus (Carmagnola, Venero, & Grillo, 2009).

D'autre part, O'Donovan et Smyth intègrent la notion de « réputation » dans la mise en place des systèmes de recommandation. Cette notion est un indicateur de la confiance globale acquise par un utilisateur sur la base de son comportement passé. Cependant, pour améliorer la qualité des recommandations, la notion de « confiance » est introduite au niveau de l'objet (item-level trust) pour exploiter de façon précise la connaissance de chaque individu sur un domaine ou sur une classe d'objets à recommander (O'Donovan & Smyth, 2005).

III.5.2.Exploitation des données textuelles dans le Web social

Parmi les données textuelles générées par les utilisateurs dans le Web social, les tags sont les plus utilisés pour la recommandation. Un tag (ou étiquette) est un mot-clé ou un terme associé à de l'information (par exemple une image, un article, ou un clip vidéo). Les tags sont habituellement choisis de façon personnelle par le créateur ou le consommateur de l'objet. De nombreux réseaux sociaux permettent aux utilisateurs d'ajouter des tags aux objets pour qu'ils puissent les retrouver facilement plus tard. Citons à titre d'exemple, les travaux qui ont montré que les tags sont de bonnes représentations des intérêts des utilisateurs et qu'ils peuvent être utilisés pour retrouver leurs préférences (Le Tran, 2011).

²³ <http://www.trustedopinion.com/>

Dans (Szomszor, Alani, Cantador, O'Hara, & Shadbolt, 2008), la notion de folksonomie (folksonomy en anglais) est considérée comme un système de classification de tags représentant une vue de l'utilisateur sur l'ensemble des contenus d'un système. Dans ce contexte, les auteurs présentent une méthode pour la consolidation automatique des profils des utilisateurs, en fonction de leurs tags à travers plusieurs folksonomies. Cette méthode permet la construction de profil sémantique d'intérêt au travers de quatre étapes :(1) identification des comptes détenus par un individu particulier sur différents réseaux sociaux (2) récolte de l'historique complet des tags relatif à cet individu au sein de chaque réseau (3) filtrage des tags en éliminant les fautes d'orthographe, les synonymes,... et (4) la génération sémantique du profil d'intérêt des utilisateurs à partir des tags filtrés (Le Tran, 2011).

Carmagnola et al. ont utilisé un modèle de la connaissance (knowledge-based model) où le profil d'intérêt de l'utilisateur est représenté par une ontologie. L'objectif de ce modèle est d'utiliser des annotations « sociales » (commentaires et tags) comme un moyen pour déduire des connaissances sur les utilisateurs (Carmagnola, Venero, & Grillo, 2009). D'autre part, certains systèmes de recommandation utilisent les tags sans considération de l'aspect sémantique. Dans ce cas, seuls les tags sur les objets à recommander sont utilisés. La méthode proposée par Liu est basée sur le graphe tripartite utilisateur-objet-tag (Figure 15) pour calculer le niveau d'intérêt d'un utilisateur pour un objet à partir de ce graphe (Liu, Zhang, & Zhou, 2010).

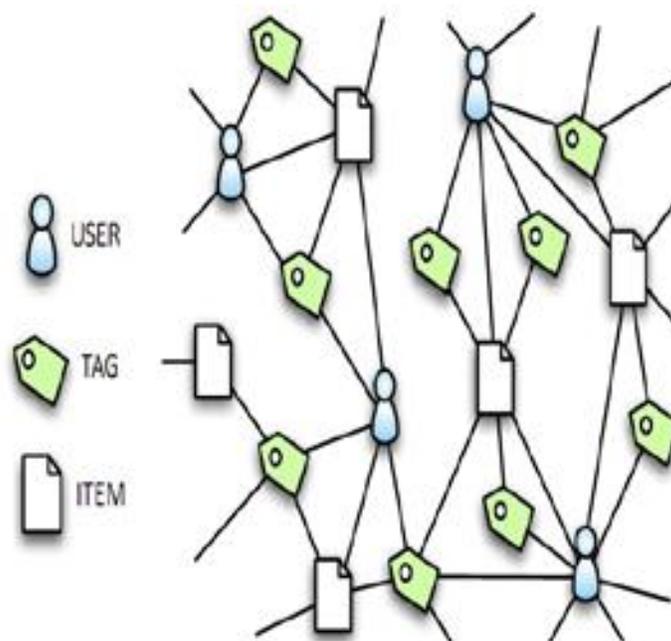


Figure 15: Le graphe tripartite utilisateur-objet-tag (Liu, Zhang, & Zhou, 2010)

Le système de recommandation de Bank et Franke utilise les évaluations des consommateurs pour découvrir le niveau de satisfaction d'un consommateur sur une caractéristique du produit. Cette analyse se fait en trois étapes :(1) le prétraitement basé sur une analyse syntaxique et linguistique (2) la détection de l'aspect du produit à évaluer et (3) l'analyse du sentiment permettant d'obtenir le niveau de satisfaction du consommateur (Bank & Franke, 2010).

Les études présentées ci-dessus montrent la possibilité d'utiliser les données textuelles pour enrichir le profil de préférences. Ces études ne rencontrent pas le problème de démarrage à froid mais elles sont limitées par leurs complexités (analyse textuelles, linguistiques, modèle de connaissances, ontologies,...).

III.5.3. Exploitation du profil déclaratif

La plupart des sites Internet permettent aux utilisateurs, lors de leurs inscriptions, de déclarer un profil, qui est constitué de données démographiques et de centres d'intérêts. Ces informations peuvent être utilisées pour remplir le profil de préférences des utilisateurs dans un système de recommandation. Cependant, il n'y a pas de systèmes de recommandation existants qui reposent uniquement sur des données démographiques. Un système peut difficilement donner des recommandations pertinentes parce qu'il n'y a pas une corrélation significative entre le goût d'un individu et ses informations démographiques. Néanmoins, on peut utiliser ces données comme une source supplémentaire pour améliorer la performance du système (Pazzani, 1999) (Vozalis & Margaritis, 2006). Citons à titre d'exemple le projet présenté dans (Yapriady & Uitdenbogerd, 2005). Dans celui-ci, les auteurs proposent un filtrage collaboratif des données démographiques afin de recommander de la musique à partir des notes (ratings) attribuées à chaque chanson.

D'autre part, ce type de recommandation est peu précis à cause du profil déclaratif des utilisateurs, mais il présente une bonne solution pour le problème de démarrage à froid car les données démographiques sont toujours disponibles et peuvent être collectées facilement.

III.5.4. Synthèse

Cet état de l'art permet de dresser un panorama de fonctionnalités et de travaux liés à la recommandation dans un réseau social. Il montre que la croissance exponentielle du Web social présente des possibilités intéressantes mais pose de vrais défis pour améliorer les systèmes de recommandation. En effet, les utilisateurs du Web ne sont plus simplement des consommateurs d'informations mais aussi des producteurs de gros volumes de données. Ces sources peuvent être : (1) explicites introduites lors de la déclaration des profils par les utilisateurs ou (2) implicites déduites à partir des interactions entre les participants. Les techniques de recommandation présentées précédemment utilisent ces deux types de sources de données pour développer de nouvelles stratégies pour réduire la surcharge d'informations (trier et filtrer des informations et recommander des amis ou des services dans le réseau social,...). Cependant, les réseaux sociaux peuvent également poser des difficultés car la nature des interactions entre les individus est parfois compliquée à analyser.

Dans le cadre de cette thèse, nous pouvons utiliser les profils déclarés par les apprenants et les interactions existantes entre eux dans le cadre de leur réseau social pour permettre la recommandation de certaines activités d'apprentissage. Cependant, ce type de recommandation souffre du problème de démarrage à froid qui consiste à déterminer les données utiles provenant du Web social pour enrichir le profil de préférences d'un apprenant, particulièrement au début de l'utilisation du système. Toutefois, l'idée d'exploiter les interactions sociales dans notre propre réseau d'apprentissage semble intéressante car elle permet de proposer des recommandations de qualité pendant le déroulement de la visite. Dans ce contexte, nous pouvons définir des notions de « confiance » et de « réputation » à

travers le marquage des parcours par l'instructeur ou les experts élus parmi les apprenants. Ainsi, nous pouvons décrire des notions de « similitudes » entre les apprenants.

III.6. Les systèmes de recommandations et les sorties pédagogiques

De nombreux systèmes basés sur la recommandation automatique des POIs ont été proposés pour faciliter l'apprentissage pendant les sorties pédagogiques. Ces systèmes se basent sur des algorithmes qui permettent de faire l'orchestration des activités d'apprentissage mobile afin de fournir un parcours de POIs adapté au contexte spatio-temporel de chaque apprenant. Dans ce qui suit, nous allons classer les différents travaux sur ce sujet en trois catégories : (1) les techniques de filtrage collaboratif, (2) les techniques de recommandation sociale et (3) les techniques chronologiques.

III.6.1. Les techniques de filtrage collaboratif

Selon Candillier, les méthodes par filtrage collaboratif donnent généralement de meilleurs résultats que le filtrage de contenu (Candillier, Jack, Fessant, & Meyer, 2009). Leurs utilisations pour recommander des POIs dans le cadre de ce scénario d'apprentissage mobile peuvent être classées en deux catégories :

III.6.1.1. Les techniques de filtrage collaboratif implicite

Dans le cadre de notre thèse, nous allons nous intéresser à la recommandation par les modèles d'intelligence en essaim, en particulier l'algorithme de colonies de fourmis²⁴ ou ACO (Ant Colony Optimization) pour guider les apprenants pendant le déroulement de leurs sorties pédagogiques (Dorigo, Maniezzo, & Coloni, 1996). Ces nouvelles approches permettent de recommander des parcours d'apprentissage adaptés au contexte de chaque apprenant. Pour atteindre cet objectif, la structure du scénario d'apprentissage est décrite sous forme d'un graphe où les leçons représentent les nœuds et les arcs représentent les liens HTML entre eux comme le montre la figure 16 :

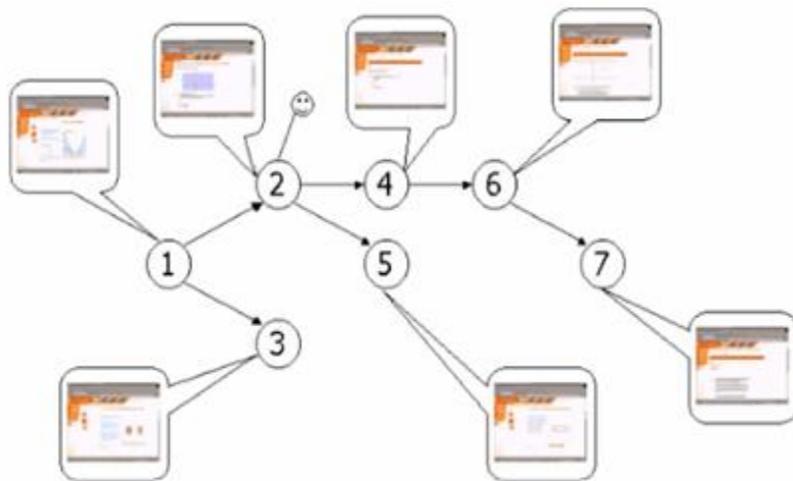


Figure 16: Le scénario de formation est décrit sous forme de graphe où chaque nœud est une leçon et chacun arc est un lien HTML (Valigiani, Jamont, & Bourgeois République, 2005).

²⁴ https://fr.wikipedia.org/wiki/Algorithme_de_colonies_de_fourmis

Ces systèmes de recommandation permettent ainsi l'orchestration des activités d'apprentissage en fonction de la valeur de l'importance pédagogique d'un arc par rapport aux autres arcs voisins. Cette valeur varie en fonction de l'utilisation de ces liens par les apprenants qui sont représentés par des agents virtuels (fourmis). Dans le chapitre V, nous allons étendre l'utilisation de ce type de système de recommandation à notre scénario d'apprentissage mobile.

Dans ce qui suit, nous allons nous intéresser aux différentes techniques de recommandation des POIs à l'aide de l'algorithme de fourmis (ACO). Ces techniques sont différentes de celles présentées dans la section III.4 car elles intègrent la localisation des activités à réaliser dans le processus de recommandation des liens d'apprentissage.

Selon Valigiani, l'algorithme de colonies de fourmis peut être appliqué dans un environnement d'apprentissage décrit à l'aide d'un graphe de liens entre POIs. La structure de ce graphe peut être optimisée en vue de faciliter le processus d'apprentissage grâce à la participation des apprenants pendant le déroulement de la sortie pédagogique (Valigiani, Jamont, & Bourgeois République, 2005).

T. Wang propose une autre approche basée sur l'algorithme ACO pour aider les apprenants à progresser dans leur apprentissage individualisé à l'aide d'un chemin d'apprentissage adaptatif. Ce type de recommandation identifie les POIs qui ont le plus de probabilité d'être choisis pour former un chemin d'apprentissage optimal en fonction des différents styles d'apprentissage (Wang, Wang, & Huang, 2008).

E. Kurilovas présente une nouvelle approche pour recommander des parcours d'apprentissage adaptés aux différents groupes d'apprenants. Dans ces travaux, l'algorithme ACO est utilisé pour identifier la combinaison des séquences de POIs selon les préférences des apprenants. Cette recommandation permet de réorganiser l'ordre des POIs en utilisant le marquage des apprenants afin d'individualiser et donc d'optimiser le parcours d'apprentissage (Kurilovas, Zilinskiene, & Dagiene, 2013).

Les stratégies identifiées dans les trois travaux précédents peuvent être utilisés dans le cadre de notre scénario d'apprentissage mobile car elles permettent de guider le parcours des apprenants de façon globale. Cependant, ces travaux accordent peu d'intérêt à la gestion du contexte de l'apprenant. En effet, ils se basent sur le filtrage collaboratif implicite des POIs et négligent le profil déclaré par les apprenants. Par conséquent, l'orientation du processus d'apprentissage ne peut se faire que de manière générale ce qui handicape la prise en compte du contexte spécifique à chaque apprenant.

III.6.1.2. Les techniques de filtrage collaboratif explicite

Dans (de Spindler, Spindler, Norrie, Grossniklaus, & Signer, 2006), les auteurs présentent une technique qui permet d'effectuer un filtrage collaboratif explicite afin de mieux personnaliser la recommandation des POIs. Cette méthode se base essentiellement sur toutes les évaluations faites par le propriétaire de l'appareil mobile ainsi que sur les notes attribuées par les autres utilisateurs.

Selon W-V. Zheng, l'analyse de l'historique des traces GPS relatif à des anciens visiteurs, permet aussi de faire une recommandation des activités sur certains POIs (Zheng, Cao, Zheng, Xie, & Yang, 2012). En effet, cette analyse permet de renforcer certains chemins par rapport à d'autres car elle s'appuie principalement sur le taux de fréquentation d'un parcours pendant la visite (voir la figure 17).

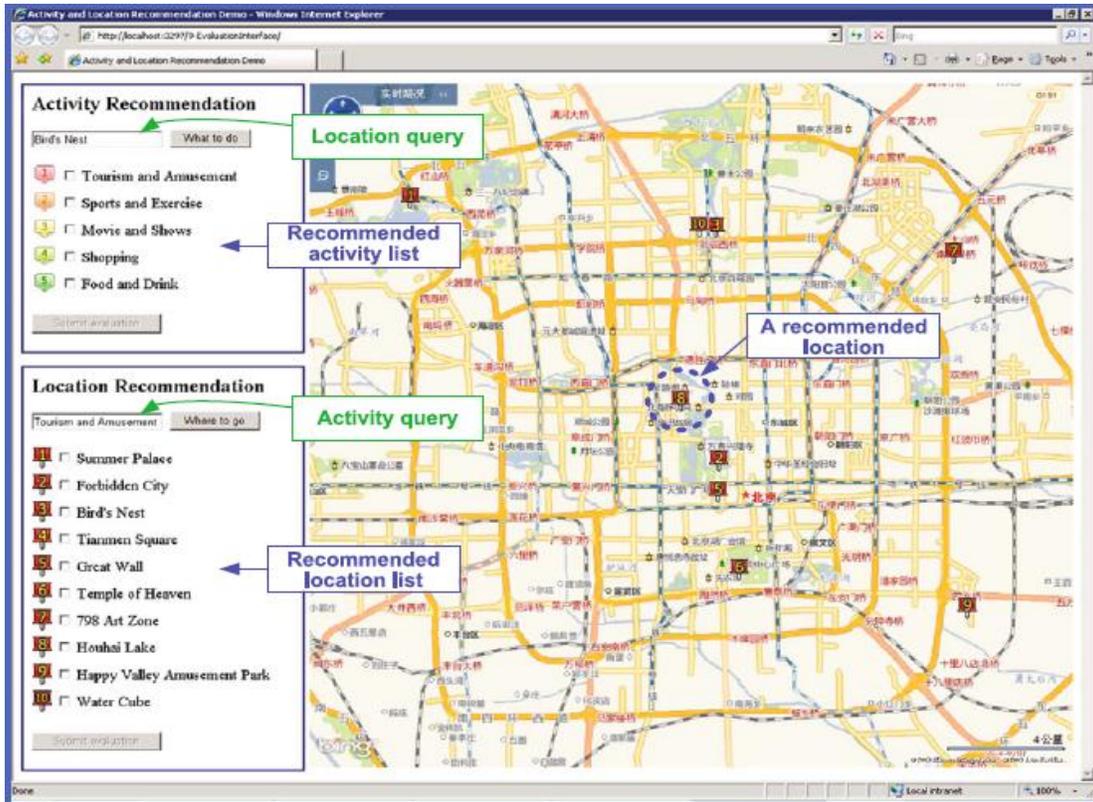


Figure 17: Interface relative à la recommandation des POIs en fonction de l'historique des trajectoires GPS

D'autre part, Phichaya-Anutarat propose une technique de recommandation permettant d'aider l'utilisateur à sélectionner les POIs appropriés selon ses préférences et ses intérêts. Cette approche utilise des techniques démographiques comme le score d'intérêt personnel et le profil des utilisateurs disponibles dans la base de données du système (Phichaya-anutarat & Mungsing, 2014).

Ces trois travaux s'appuient sur le filtrage collaboratif explicite basé sur l'historique disponible après plusieurs visites pour fournir des recommandations personnalisées. Cependant, les apprenants collaborent peu entre eux lors du déroulement de la sortie pédagogique. Pour cette raison, le système collecte peu d'informations pertinentes à partir des traces des lieux visités et des profils d'utilisateurs. D'autre part, ce genre de système souffre du problème de démarrage à froid pour les premières recommandations à effectuer. En définitive, ce type de recommandation semble peu adapté aux objectifs d'apprentissage car il exploite les informations de la base de données sans se soucier de la dimension pédagogique du scénario d'apprentissage mobile.

III.6.2. Les techniques de recommandation sociale

Dans le cadre des scénarios d'apprentissage mobile, Ye a développé un algorithme basé sur la classification naïve bayésienne pour recommander des POIs en fonction des préférences de l'utilisateur, de sa localisation et de l'influence sociale. Cet algorithme utilise les LBSNs permettant aux utilisateurs d'établir des liens de confiance entre leurs amis ou d'autres utilisateurs afin de partager des conseils et des expériences de leurs visites. Ce service de recommandation vise à recommander des POIs aux nouveaux visiteurs afin de les aider à explorer de nouveaux endroits pour mieux connaître une ville (restaurant, cinéma, théâtre, musée,...) comme le montre la figure 18 (Ye, Yin, Lee, & Lee, 2011).

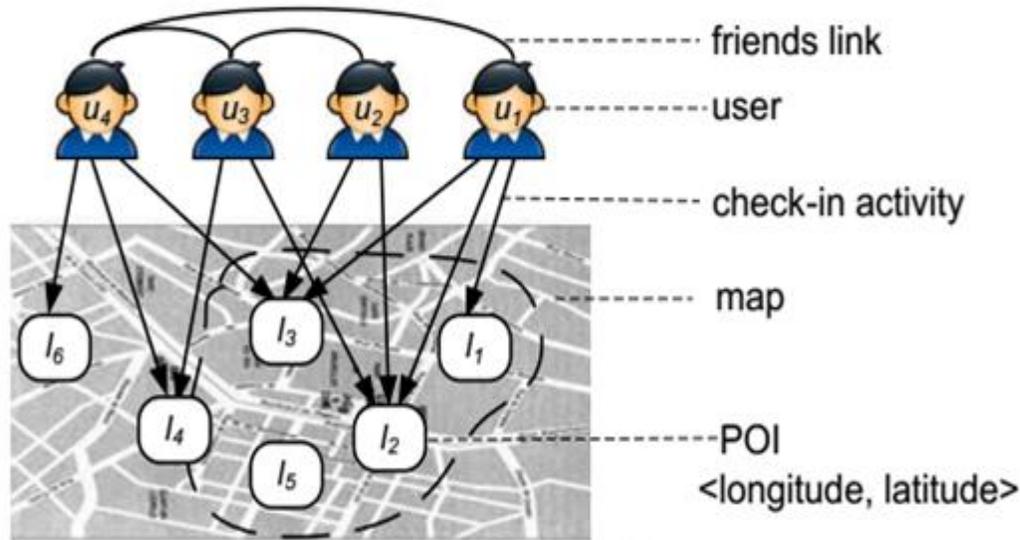


Figure 18: Représentation graphique de l'influence de l'amitié entre les utilisateurs et leurs localisations pour le choix des activités dans un LBSN

D'autre part, Biancalana décrit un système de recommandation basé sur les relations sociales capables d'identifier les préférences des utilisateurs et leurs besoins d'informations. Ces paramètres peuvent être utilisés dans un processus de filtrage d'information afin de suggérer une recommandation personnalisée d'un certain nombre de POIs relatifs à l'emplacement actuel de l'utilisateur (Biancalana, Gasparetti, Micarelli, & Sansonetti, 2013). L'approche proposée permet d'utiliser les LBSs pour identifier les préférences des utilisateurs grâce au filtrage de l'information. Elle permet aussi d'exploiter la quantité toujours croissante d'informations provenant des réseaux sociaux à travers les avis des utilisateurs pour permettre une recommandation de qualité des POIs.

Il existe plusieurs travaux sur les LBSNs (voir la section III.5), toutefois nous citons, à titre d'exemple ces deux travaux car ils permettent de recommander des POIs grâce aux relations sociales qui peuvent exister entre les apprenants. Cependant, le scénario de la sortie pédagogique démarre à froid car il n'a aucun historique relatif aux différentes interactions sociales des apprenants. Pour cette raison, ce genre de recommandation semble peu adapté pour commencer une première visite car il ne pourra pas fournir les POIs qui sont proches du contexte spatio-temporel de l'apprenant.

III.6.3. Les techniques de recommandation chronologique

Pour assurer une recommandation personnalisée des POIs, diverses recherches ont été menées dans la littérature (LBSNs, ACO,...). Cependant, ces travaux négligent la relation temporelle dans la recommandation des POIs, par exemple si un utilisateur souhaite participer au déroulement de la sortie pédagogique dans les prochains jours. Dans ce contexte, le travail de Sang recommande une série d'activités associées à un ensemble de POIs pertinents par rapport à l'emplacement de l'utilisateur et à l'heure de la visite tout en prenant en compte l'historique des activités déjà réalisées. Cette approche permet aux utilisateurs de planifier des séquences d'activités consécutives en se basant sur la probabilité de transition d'un POI à l'autre et sur l'historique dans une chaîne de Markov. Bien que les recherches existantes se concentrent principalement sur la recommandation d'une seule étape (la prochaine activité à faire en fonction du contexte actuel), ce travail va plus loin en recommandant une séquence d'activités (Sang, Mei, Tao, Xu, & Li, 2012).

D'autre part, le travail de C. Cheng vise à explorer les préférences de l'utilisateur, l'influence sociale (les relations entre amis) et l'influence géographique (regroupement spatial) pour faire des recommandations de POIs en utilisant un filtrage collaboratif. Cette approche propose une personnalisation de la chaîne de MARKOV pour prédire la visite des POIs à partir d'un historique relatif à une zone géographique (Cheng, Yang, Lyu, & King, 2013). Ce système est alimenté grâce au comportement des utilisateurs qui partagent leurs emplacements, leurs conseils et leurs expériences comme le montre la figure 19 :

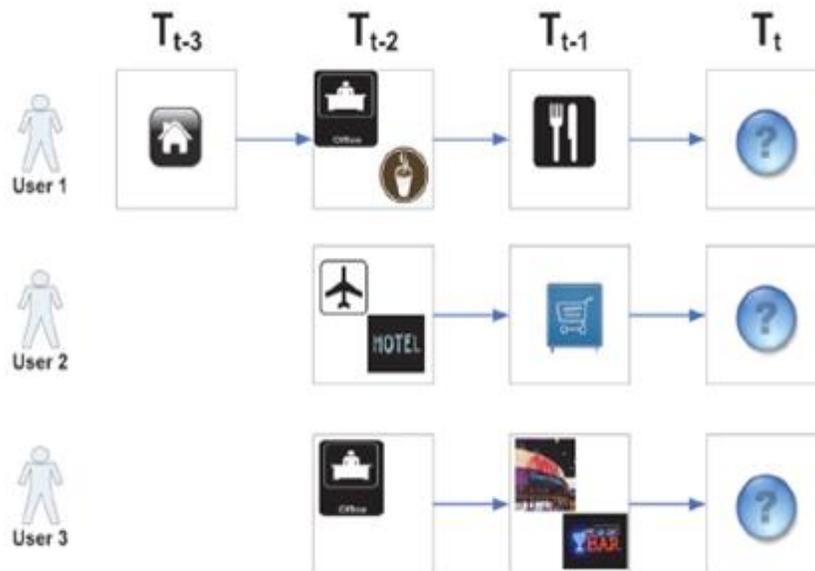


Figure 19: Cet exemple montre trois séquences de prédictions du POI à visiter en fonction de l'historique des différentes actions effectuées par les utilisateurs (Cheng, Yang, Lyu, & King, 2013)

Ces deux travaux peuvent être utilisés dans le cadre du scénario de notre sortie pédagogique afin de permettre une prédiction des POIs à visiter. Cependant, ce type de recommandation s'appuie seulement sur l'historique des apprenants et néglige le point de vue de l'enseignant.

III.6.4.Synthèse

Cet état de l'art permet de dresser un panorama des travaux liés à la recommandation géographique dans le contexte des sorties pédagogiques. Ces techniques se basent sur le filtrage collaboratif des POIs pour guider les apprenants selon leurs préférences déclarés pendant la visite. Elles peuvent aussi utiliser les relations sociales ou temporelle issues des interactions entre les apprenants pour leurs proposer des parcours ou pour prédire des séquences d'activités à réaliser. Dans le tableau 11, nous classons ces techniques de recommandation des POIs selon la grille que nous avons définie dans le chapitre II.

Tableau 11: Comparaison entre les différentes approches de recommandation des POIs

Travaux	(Valigiani, Jamont, & Bourgeois Republique, 2005)	(de Spindler, Spindler, Norrie, Grossniklaus, & Signer, 2006)	(Ye, Yin, Lee, & Lee, 2011)	(Sang, Mei, Tao, Xu, & Li, 2012)
Caractéristiques	(Wang, Wang, & Huang, 2008) (Kurilovas, Zilinskiene, & Dagiene, 2013)	(Zheng, Cao, Zheng, Xie, & Yang, 2012) (Phichaya-anutarat & Mungsing, 2014)	(Biancalana, Gasparetti, Micarelli, & Sansonetti, 2013)	(Cheng, Yang, Lyu, & King, 2013)
Supporter le Contexte spatio-temporel	Oui	Oui	Oui	Oui
Interaction entre les participants	Les clics sur des hyperliens	Les traces GPS et les Évaluations	Les relations sociales	Les traces GPS et les Évaluations
Enrichissement du scénario	apprenant	apprenant	apprenant	apprenant
Collaboration en temps réel	Filtrage collaboratif implicite	Filtrage collaboratif explicite	Filtrage collaboratif social	Prédiction des POIs
Intégration des 3 phases de la sortie pédagogique	Seulement la phase de visite	Seulement la phase de visite	Seulement la phase de visite	Seulement la phase de visite
Supporter les situations inattendues	Oui	Oui	Oui	Oui

Nous constatons que toutes les techniques de recommandation présentées dans le tableau 11 peuvent supporter des situations peu prévues par l'instructeur pendant la phase de planification.

Cette évolution du scénario d'apprentissage utilise essentiellement la participation des apprenants à l'enrichissement des activités à réaliser à travers l'ajout des POIs pendant le déroulement de la sortie pédagogique.

D'autre part, la collaboration en temps réel entre les participants à la visite au travers des mécanismes comme le filtrage collaboratif (explicite, implicite, social ou chronologique) peuvent aider les systèmes de recommandation à proposer les POIs correspondant au bon contexte d'apprentissage. Ces systèmes utilisent les interactions des apprenants pendant la visite grâce aux clics sur les liens, les évaluations, les traces GPS ou les relations sociales pour affiner les profils existants et améliorer la qualité de la recommandation des POIs.

Dans ce contexte, les suggestions de POIs pourraient venir de sources différentes : les instructeurs, les communautés d'experts, ou même les apprenants. En outre, le choix des participants à la visite dépend fortement de leurs préférences individuelles. De cette manière, les apprenants deviennent plus autonomes et responsables de leurs propres rythmes d'apprentissage. Cependant, les apprenants courent le risque de s'éloigner des objectifs formels de la sortie pédagogique car la recommandation des POIs prend en compte les interactions entre les apprenants mais peut négliger le point de vue de l'enseignant. Dans ce qui suit, nous présentons dans le chapitre V un modèle de comportement basé sur le principe de la recommandation des POIs tout en intégrant la dimension du scénario pédagogique et de la localisation des apprenants.

III.7. Conclusion du chapitre III

Cet état de l'art montre que les scénarios de type sortie pédagogique reposent sur le travail de l'enseignant pendant les phase avant et après visite et sur la contribution des apprenants pendant la visite. En effet, les participants au scénario d'apprentissage peuvent créer, partager des ressources et réaliser des activités pédagogiques pendant leurs découvertes (visites) d'un nouvel environnement (Zoo, campus, ville,...) mais cela génère une grande quantité de POIs. D'autre part, nous sommes convaincus que l'adaptation du scénario d'apprentissage au contexte des apprenants dépend fortement du choix des POIs effectué pendant le déroulement de la visite car ces points contiennent les ressources à consulter et les activités à réaliser. Pour prendre en compte tous ces aspect, nous nous sommes intéressé à l'utilisation des systèmes de recommandation pour aider les apprenants à sélectionner le chemin le plus approprié par rapport aux objectifs associés à la sortie pédagogique.

Dans cette perspective, nous proposons dans le chapitre IV, un modèle de scénario d'apprentissage mobile capable d'associer aux contraintes pédagogiques la recommandation dynamique des POIs selon les profils des apprenants.

Partie II. Contributions

Dans cette partie de la thèse, nous introduisons notre définition et conception du SAMSSP (Système d'Apprentissage Mobile dans des Situations de Sortie Pédagogique) pour implémenter des scénarios de type sortie pédagogique permettant l'orchestration des activités d'apprentissage mobile.

Dans le chapitre IV, nous modélisons le scénario d'apprentissage mobile utilisé dans le cas des sorties pédagogiques en se basant sur le parcours des POIs effectué par les apprenants. Ensuite, nous expliquons que le choix d'une activité d'apprentissage associée à un POI dépend de plusieurs dimensions comme la localisation de l'apprenant, l'historique de la visite et la pédagogie de l'enseignant. Enfin, nous définissons un cycle de vie relatif au développement de notre dispositif de formation qui permet de prendre en compte la variabilité du scénario d'apprentissage mobile.

Dans le chapitre V, nous élaborons un modèle de comportement à l'aide de la recommandation des POIs pour l'orchestration des activités d'apprentissage mobile. Ensuite, nous nous focalisons sur la simulation des différents types de recommandation définis grâce à l'intégration de dimensions comme le voisinage des POIs, la fréquentation des chemins de POIs, la pédagogie de l'enseignant, le score des apprenants et la collaboration pendant la visite. Enfin, nous développons un outil de simulation pour la comparaison des différentes variantes de recommandations entre elles à l'aide de : 1) l'écart entre la distance parcourue par les apprenants et la distance recommandée par le système, 2) le rapprochement entre le chemin parcouru par les apprenants et le chemin recommandé par le système et 3) la différence entre les scores recommandés relatifs aux différents parcours.

Dans le chapitre VI, nous concevons une architecture du SAMSSP qui prend en compte les différents contextes d'apprentissage qui peuvent se produire pendant le déroulement d'une sortie pédagogique. La mise en place de cette architecture permet d'implémenter les scénarios intégrant l'orchestration des activités d'apprentissage mobile. Ensuite, nous nous focalisons sur l'expérimentation de nos deux prototypes de découverte de campus (visite virtuelle à partir de PC et visite réelle grâce aux équipements mobiles) pour valider l'utilisation du système SAMSSP et les aspects usage de ces deux dispositifs de formation. Enfin, nous analysons les traces issues de l'historique des visites effectuées à l'aide des deux prototypes précédent et nous discutons les résultats du questionnaire de satisfaction fournis aux apprenants à la fin de chaque dispositif d'apprentissage mobile.

Chapitre IV. Modélisation du scénario d'apprentissage mobile.

IV.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous commençons par une modélisation du scénario de type sortie pédagogique basée sur l'association des activités d'apprentissage aux différents POIs. Puis, nous citons deux exemples d'orchestration des activités d'apprentissage mobile dans un contexte de visite de zoo. Ensuite, nous expliquons les différentes variantes de ce type scénario qui peuvent être mises en place par l'instructeur pendant la phase de planification. Enfin, nous présentons le cycle de vie associé au développement des scénarios d'apprentissage mobile.

IV.2. Modélisation du scénario d'apprentissage mobile

De plus en plus de cours sont disponibles sur support mobile, mais ce type de formation est encore à ses débuts. En effet, un des problèmes des scénarios d'apprentissage mobile est la sélection des activités d'apprentissage en fonction du contexte dans lequel l'apprenant est situé. Bien que ces périphériques mobiles puissent être utilisés pour fournir des ressources d'apprentissage aux apprenants presque n'importe où et n'importe quand, les principales plateformes d'apprentissage ne permettent pas aux enseignants de contextualiser les activités d'apprentissage (Yin, 2010).

Pour répondre à ce besoin, nous élaborons un scénario qui permet d'exploiter le contexte de localisation d'un visiteur (apprenant) et d'afficher des contenus multimédias adaptés à ses attentes. Dans ce qui suit, nous abordons les différentes phases associées à notre scénario d'apprentissage mobile. Ensuite, nous expliquons comment la modélisation par POI permet de mieux structurer ce type de scénario. Enfin, nous détaillons les rôles des acteurs associés ainsi que les différents cas d'usage.

IV.2.1. Phases du scénario

Le scénario de type sortie pédagogique peut être divisé en quatre phases distinctes :

- (1) la phase de préparation (avant visite) qui permet de faire la planification de la visite sur le terrain
- (2) le déplacement lui-même en tant que deuxième phase
- (3) la phase de finalisation (après visite) qui intègre les activités de suivi, comme les rapports de visite, les exposés, les tests et / ou les feedbacks
- (4) la phase d'évaluation du comportement des apprenants.

Dans ce qui suit, le tableau 12 décrit les rôles associés aux apprenants et à l'instructeur pendant la scénarisation et l'orchestration de la visite.

Tableau 12 : Description du scénario d'apprentissage mobile

Scénarisation de la visite		Orchestration de la visite	
Enseignant	Apprenant	Enseignant	Apprenant
Phase I : Avant la sortie pédagogique			
-Ajouter les POIs -Associer les ressources et les activités aux POIs -Définir les différents profils des apprenants. -Préparer le test final	-Introduire son profil (intérêt).	-Paramétrer le système de recommandation.	-Se positionner à l'aide du GPS
Phase II : Pendant la sortie pédagogique			
	-Visiter les POIs -Lire les ressources associées à chaque POI. -Réaliser les activités relatives aux POIs.	-Répondre aux commentaires. -Valider les ressources et les POIs ajoutés.	-Poster des commentaires. -Ajouter des ressources ou des POIs.
Phase III : Après la sortie pédagogique			
-Analyser les résultats du test final. -Régler les problèmes signalés (interface, usage)	- Faire le test final -Répondre au feedback concernant l'usage du dispositif (voir annexe 1)	-Recommander de nouveaux parcours de POIs.	
Phase IV : Evaluation du scénario			
Calcul automatique des indicateurs globaux et locaux. Analyse des statistiques fournies par le système.			

Pendant le déroulement de la visite, l'apprenant ne peut avoir qu'une vision locale sur l'ensemble des activités à réaliser et doit collaborer avec les autres participants pour construire sa propre connaissance (Chatti, Keeratibumrunpong, & Obster, 2012). Dans ce contexte, la recommandation des activités d'apprentissage mobile dépend de trois dimensions principales :

- (1) la localisation des apprenants qui décrit leurs mobilités (localisations et parcours).
- (2) le scénario d'apprentissage qui permet d'intégrer les différentes contraintes pédagogiques imposées par l'instructeur de la visite (l'enseignant).
- (3) les relations sociales entre les différents profils d'apprenants qui reflètent la collaboration à travers des interactions (les préférences, les notes d'évaluation,...)

IV.2.2. Modélisation par POI

Pour intégrer ces trois dimensions dans le cadre de notre scénario mobile d'apprentissage, nous définissons la notion de « point d'intérêt » ou « Point of interest » (POI) comme étant le plus petit élément indivisible d'un parcours pédagogique associé à une localisation relative à un repère donné [1]. Le POI peut aussi être considéré comme un Objet d'Apprentissage (OA) associé à un emplacement précis comme par exemple, l'adresse d'un lieu, les coordonnées géographiques d'un monument historique, etc. Par conséquent, le POI est un agrégat qui peut contenir, une ou plusieurs ressources comme du texte, des images, des liens WEB, des animations, des vidéos... et une ou plusieurs activités comme des questions, des commentaires, des évaluations, etc.

Dans le cas des sorties pédagogiques (la visite d'une nouvelle ville, la visite de Zoo, la découverte biologique des plantes, l'apprentissage pendant une intervention en cas de sinistre, la visite de campus universitaire,...), la conception du scénario d'apprentissage mobile s'appuie principalement sur le choix des POIs à intégrer dans le processus de formation [2]. En effet, le profil de l'apprenant conditionne le choix des POIs à visiter par zone, les activités à réaliser ainsi que les évaluations destinées à la validation des connaissances comme le montre la figure 20 :

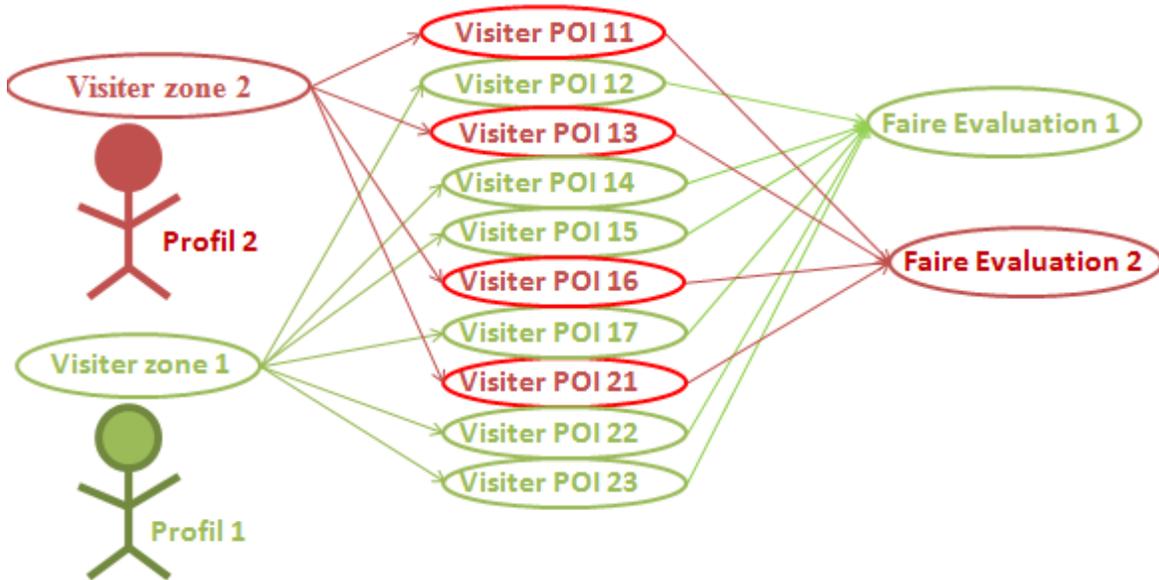


Figure 20: Association entre le profil géographique, les POIs à visiter et les activités à réaliser.

Ce type de scénario est caractérisé par l'absence d'un modèle global de déroulement des activités d'apprentissage mobile et par la grande liberté laissée aux apprenants. En effet, chaque apprenant peut choisir son propre chemin pendant le déroulement de la visite. Ce parcours de POIs reflète la séquence des activités d'apprentissage à exécuter dans le cadre de notre scénario.

Lors de la planification de la sortie pédagogique, nous divisons notre scénario mobile en plusieurs POIs selon les objectifs visés par la sortie pédagogique. Ensuite, chaque apprenant choisit son propre chemin pendant le déroulement de la visite. Enfin, pour évaluer les connaissances acquises après la visite, les apprenants doivent passer un test final qui concerne l'ensemble des POIs parcourus. Ce scénario permet à l'apprenant d'individualiser son parcours d'apprentissage grâce aux choix des POIs. Cependant, le chemin choisi par l'apprenant risque de ne pas être pertinent par rapport aux objectifs prévus par l'instructeur de la sortie pédagogique. Dans ce contexte, la recommandation des POIs s'avère nécessaire afin de bien veiller au respect des contraintes pédagogiques de notre scénario.

IV.2.3. Les acteurs et les cas d'usage

Pour répondre aux objectifs formels de la sortie pédagogique, l'apprenant doit visiter les principaux POIs ajoutés par l'instructeur afin de réaliser les différentes activités proposées (consultation des ressources associées aux POIs, répondre au test final,...). D'autre part, pour enrichir notre scénario d'apprentissage mobile, les apprenants peuvent ajouter des ressources (prise de photo, enregistrement de vidéo,...) ou poster des commentaires sur l'ensemble des POIs introduits par l'instructeur. Par conséquent, l'apprenant peut devenir un expert d'un domaine ou d'un POI en fonctions de son potentiel de contribution et de son degré d'interaction pendant le déroulement de la visite. Les experts peuvent créer des groupes selon leurs différents domaines d'expertise et peuvent alimenter leurs espaces de travail par de nouvelles ressources ou activités qui concernent un ou plusieurs POIs. L'instructeur ou l'orchestrateur de notre apprentissage peut créer des comptes d'expert sur la base des demandes des apprenants. La figure 21 explique les cas d'utilisation relatifs aux différents acteurs de notre scénario.

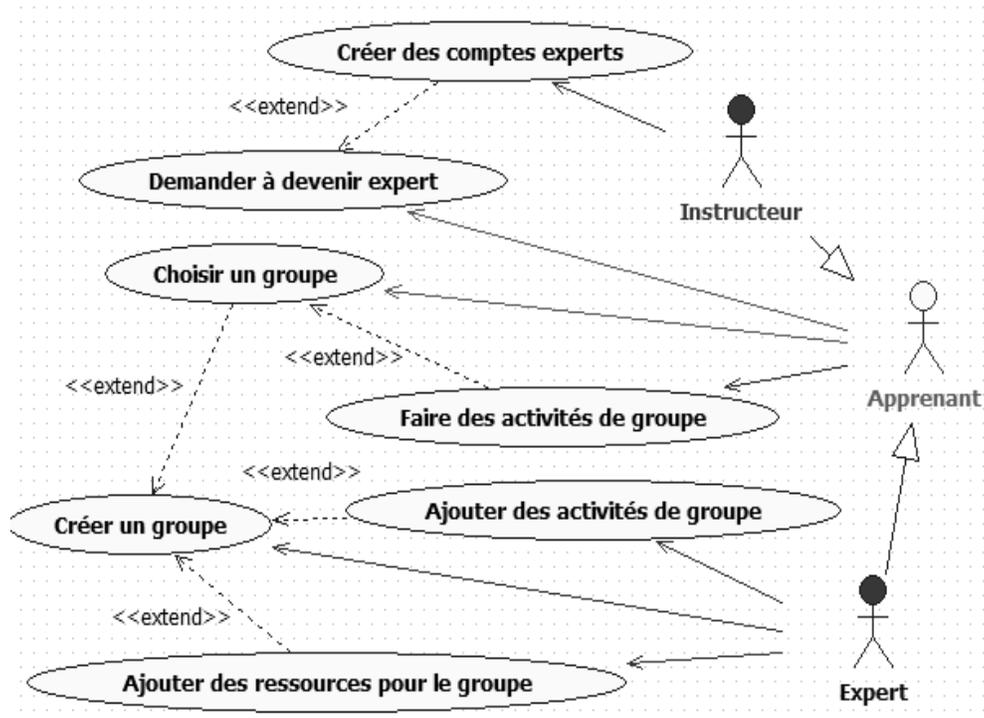


Figure 21: Description des rôles des acteurs de notre scénario.

Le choix des experts peut se faire sur la base du nombre de commentaires postés par les apprenants ou en faisant un classement des visiteurs en fonction du nombre de ressources ou d'activités proposées pendant la visite. Par exemple, un apprenant qui poste plusieurs commentaires et ajoute plusieurs ressources sur des POIs relatifs à une zone donnée peut être considéré comme un expert de cette zone.

IV.3. Exemples de modélisation

En se basant sur le chemin parcouru par les apprenants, l'instructeur peut décrire son scénario pédagogique de deux manières : la première consiste à énumérer tous les chemins qui respectent les objectifs visés par la sortie pédagogique. La deuxième façon se base sur la spécification des différentes contraintes pédagogiques liées à l'ordre de parcours des POIs. Par exemple, dans un scénario de visite de Zoo, l'instructeur souhaite que les apprenants voient un exemple de mammifère (l'éléphant ou un lion) puis l'aquarium des poissons avant de visiter les dauphins ou les phoques. Le but recherché par cet ordre de parcours est que les apprenants puissent comprendre que ces animaux (les dauphins ou les phoques) ressemblent à des poissons mais qu'ils sont des mammifères. La visite des oiseaux et des poissons avant les reptiles permet aux apprenants de mettre en évidence que cette famille d'animaux est à la fois proche des poissons et des oiseaux. Enfin, l'instructeur veut insister sur le classement des animaux en vertébré et non vertébré. Pour cette raison, il a laissé la visite des insectes (papillon), les arachnides (scorpion), en dernier lieu pour faciliter la compréhension des différentes familles des animaux. Dans ce qui suit, nous détaillons deux types de descriptions relatives à ce scénario de visite de Zoo [2] :

IV.3.1. Scénario pédagogique contraint par l'instructeur :

Pendant la phase de planification de la sortie pédagogique, l'instructeur commence par localiser les POIs sur le terrain. Ensuite, il va recenser tous les chemins qui permettent d'atteindre les objectifs de la visite. Ces parcours se basent sur un ordre pédagogique des POIs. Par exemple, lors d'une visite de zoo, l'instructeur doit cibler à l'avance les POIs à visiter ainsi que tous les chemins pertinents pour l'apprentissage comme le montre la figure 22 :

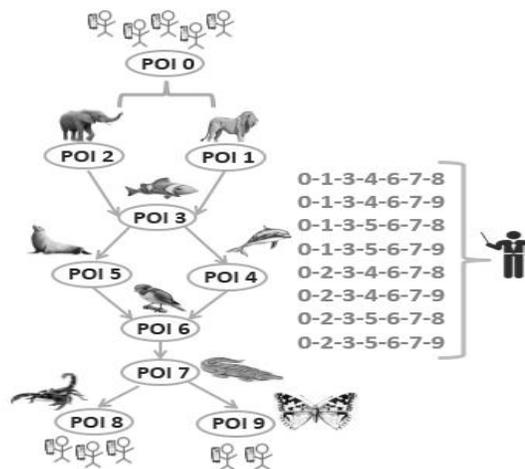


Figure 22: Enumération des chemins à emprunter pour dans le cadre de la visite de Zoo.

Ces chemins peuvent être représentés à l'aide d'une matrice scénario S carrée asymétrique ou chaque transition d'un POI(i) vers un POI(j) est représentée par la valeur '1'. Le tableau 13 montre la matrice qui correspond à la description du scénario de la figure 22 :

Tableau 13: La matrice correspondante aux parcours prévus par l'instructeur dans la figure 22.

S _{ij}	POI ₀	POI ₁	POI ₂	POI ₃	POI ₄	POI ₅	POI ₆	POI ₇	POI ₈	POI ₉
POI ₀	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
POI ₁	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
POI ₂	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
POI ₃	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
POI ₄	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
POI ₅	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
POI ₆	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
POI ₇	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
POI ₈	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
POI ₉	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Dans cet exemple, le début de visite est marqué par le POI₀, donc l'apprenant peut commencer sa visite par le POI₁ ou le POI₂. Ensuite, il doit visiter obligatoirement le POI₃. Après cela, la matrice S propose deux choix possibles : le POI₄ ou le POI₅. En fonction du choix de l'apprenant, notre scénario continu en proposant les deux parcours suivants : POI₄-POI₆-POI₇ ou POI₅-POI₆-POI₇. Si l'apprenant choisi le chemin POI₄-POI₆-POI₇, il peut terminer son parcours par le POI₈ ou le POI₉. Cette méthode spécifie exactement les chemins à emprunter par l'apprenant tout en lui laissant la liberté de choisir entre les différentes variantes de notre scénario d'apprentissage mobile. Par exemple, l'apprenant peut choisir de commencer par le POI₁ ou le POI₂ car les deux points sont similaires. Cependant, cette méthode atteint ses limites lorsque le nombre de POIs devient important ou dans le cas où l'instructeur est face à un scénario pédagogique ouvert qui risque de contenir des variantes peu connue lors de la phase de conception.

IV.3.2. Scénario pédagogique avec degré de liberté :

Pendant la phase de planification de la sortie pédagogique, l'instructeur n'a pas de vision détaillée sur l'ensemble des variantes de son scénario d'apprentissage (les chemins pédagogiques ne peuvent pas être énumérés). En outre, il souhaite laisser plus de liberté aux apprenants dans le choix de leurs parcours tout en respectant les objectifs pédagogiques de la visite. Pour résoudre ce problème, le choix des parcours de POIs peut être conditionné par des contraintes comme : 1) la visite de certains POIs au début de la visite, 2) les POIs similaires, 3) le parcours de certains POIs avant les autres, etc. Ces contraintes permettent de mettre en relief les objectifs formels visés par la sortie pédagogique. Par exemple, lors d'une visite d'un zoo, l'instructeur peut proposer les objectifs pédagogiques suivants : 1) Connaitre les quatre familles des animaux, puis 2) classer des animaux comme les dauphins et les phoques dans leurs familles adéquates et enfin 3) faire la différence entre la famille des vertébrés et des invertébrés. Pour atteindre ces objectifs, l'instructeur doit regrouper les POIs à visiter selon ces trois niveaux et les apprenants doivent respecter l'ordre de visite indiqué dans la figure 23 [2] :

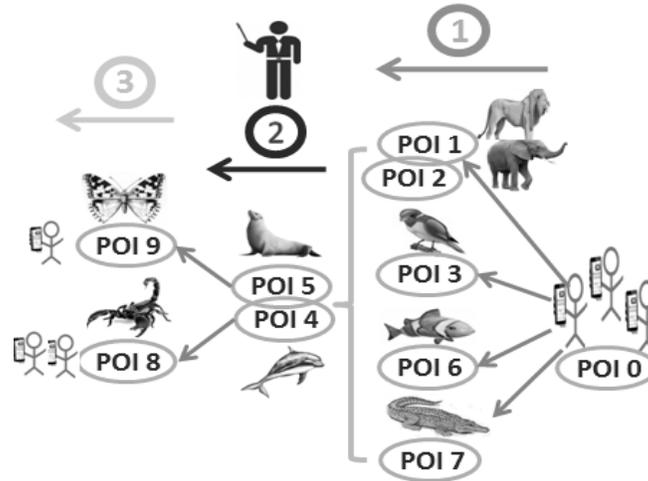


Figure 23 : Un exemple de parcours des apprenants pendant la visite du Zoo.

Dans cette figure, les apprenants peuvent commencer leurs visites par l'un des POIs suivants : le POI₁, le POI₂, le POI₃, le POI₆ ou le POI₇. Ensuite, ils doivent visiter le {POI₄ ou POI₅} du niveau 2 après avoir parcouru tous les POIs du niveau 1 (le {POI₁ ou POI₂}, le POI₆, le POI₃ et le POI₇). Enfin, pour terminer notre scénario de sortie pédagogique, l'instructeur recommande la visite du POI₈ ou le POI₉ (points similaires du niveau 3). Ces contraintes peuvent être traduites grâce à une matrice scénario S carrée asymétrique où chacune de ces valeurs représente une probabilité de transition du POI_i vers le POI_j. Donc, à partir d'un POI_i qui se trouve en lignes, le prochain POI_j à visiter correspond à la valeur maximale choisie parmi les probabilités en colonnes. Dans ce qui suit, le tableau 14 illustre la matrice qui correspond au scénario décrit dans la figure 23 :

Tableau 14: La matrice correspondante à la figure 23

S _{ij}	POI ₀	POI ₁	POI ₂	POI ₃	POI ₄	POI ₅	POI ₆	POI ₇	POI ₈	POI ₉
POI ₀	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0
POI ₁	0	0	0	0,9	0,8	0,8	0,9	0,9	0,7	0,7
POI ₂	0	0	0	0,9	0,8	0,8	0,9	0,9	0,7	0,7
POI ₃	0	0,9	0,9	0	0,8	0,8	0,9	0,9	0,7	0,7
POI ₄	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0,7
POI ₅	0	0	0	0	0	0	0	0	0,7	0,7
POI ₆	0	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0	0,9	0,7	0,7
POI ₇	0	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8	0,9	0	0,7	0,7
POI ₈	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
POI ₉	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Dans cet exemple, l'apprenant peut commencer sa sortie pédagogique par l'un des points suivants : le POI₁, le POI₂, le POI₃, le POI₆, le POI₇ sachant que la visite du POI₁ n'implique pas la visite du POI₂ et inversement (points similaires). Après avoir parcouru ces quatre POIs, l'instructeur recommande la visite du POI₄ ou le POI₅. Lorsque l'apprenant parcourt l'un de ces deux points, il peut terminer sa visite en choisissant le POI₈ ou le POI₉. Cette méthode semble adaptée au contexte d'un scénario pédagogique évolutif où le nombre de POIs peut changer pendant la visite.

D'autre part, ces contraintes représentent fidèlement les objectifs de la sortie pédagogique et permettent donc de faire une organisation pédagogique des POIs. Cependant, l'oubli d'une règle ou le non-respect de l'ordre d'exécution des contraintes risque de compromettre le bon déroulement du scénario d'apprentissage.

IV.4. Prise en compte de la variabilité du scénario

L'apprentissage mobile a été recommandé pour motiver les apprenants lors des sorties éducatives (Hung, Hwang, Lin, & Su, 2013) car il permet aux visiteurs de mieux construire leurs propres connaissances en collaborant avec les autres. Cependant, le comportement des apprenants en mobilité ne peut pas être prévu dans le détail pendant la phase de conception du scénario d'apprentissage car il doit être supervisé et ajusté pendant le déroulement de la visite [7]. En effet, le scénario de la sortie pédagogique doit intégrer de nouvelles activités d'apprentissage souvent en cours d'usage en fonction de l'évolution du contexte de la visite (apparition d'un nouvel obstacle, émergence de nouveaux profils d'apprenant,...) afin de répondre aux besoins des visiteurs.

Lors de la planification d'une sortie pédagogique, nous pouvons imaginer des scénarios qui s'adaptent à la particularité de chaque situation d'apprentissage avec la possibilité d'intégrer d'éventuelles variantes autres que celles déjà répertoriées (Ouraiba, 2013). En effet, si une excursion n'a pas été bien planifiée à l'avance, elle se terminera dans la confusion et peut engendrer une perte de temps et d'argent (Krepel & DuVall, 1981).

Dans ce contexte, nous utilisons la notion de point d'intérêt (POI Point Of Interest) dans le cadre de ce type de scénario pour décrire un lieu localisable par les différentes technologies (GPS, RFID, NFC,...) et facilement identifiable par les différents acteurs de notre dispositif. En outre, le POI intègre des activités d'apprentissage associées à cette localisation géographique. Ces POIs peuvent être classés selon leurs utilisations dans le cadre de notre scénario de sortie pédagogique en trois catégories [1] :

- (1) les POIs de localisation qui sont destinés à mieux orienter les utilisateurs pendant leurs déplacements comme les restaurants, les stations de métro,...
- (2) les POIs principaux utilisés dans le cadre du scénario d'apprentissage par exemple les monuments historiques à visiter obligatoirement pendant la sortie pédagogique
- (3) les POIs complémentaires introduits pour compléter le scénario préétabli par l'instructeur comme par exemple un monument historique qu'on a pu visiter suite à la suggestion d'un ou plusieurs apprenants.

Dans ce qui suit, la figure 24 montre les trois parties associées à notre modèle de conception : (1) la couche statique, (2) les couches par profil et (3) la partie relatives aux variantes inattendues [1].

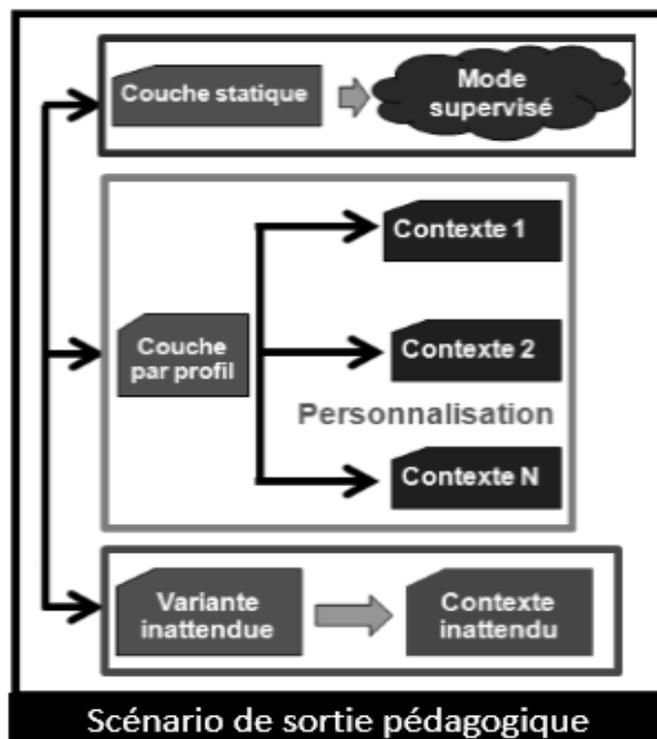


Figure 24: Les couches relatives à notre description d'un scénario de type sortie pédagogique.

La couche statique de notre scénario contient un ensemble d'activités principales à faire dans le cadre du scénario pédagogique préétabli par l'enseignant (ou l'orchestrateur) et un certain nombre de POIs à visiter pendant le déplacement des apprenants. Cette couche vise à conserver la cohérence du scénario et de guider l'apprentissage selon les objectifs prévus par l'instructeur (mode supervisé).

La couche des variantes par profil doit être définie de manière à être personnalisée pour répondre aux exigences spécifiques d'un contexte particulier qui dépend de la localisation, du profil de l'apprenant et de l'historique de la visite. Dans un contexte donné, l'enseignant peut individualiser le parcours de l'apprenant mobile en supprimant les variantes qui ne sont plus pertinentes pour son apprentissage.

La partie ouverte de notre scénario correspond à des contextes non prévus pendant la phase de planification comme l'apparition d'obstacle sur le chemin de la sortie pédagogique, l'ajout de nouveaux centres d'intérêt (POIs) ou l'enrichissement du contenu de formation par de nouvelles activités. Ces nouvelles variantes de notre scénario doivent être recensées lors de la phase de conception afin de mieux compléter notre dispositif de formation.

Ces trois parties forment notre scénario d'apprentissage mobile qui contient les activités à réaliser et les supports à consulter dans le cadre de la sortie pédagogique. Afin de bien veiller au respect des objectifs pédagogiques de notre dispositif de formation, nous allons nous appuyer sur l'orchestration pour le choix des ressources nécessaires et des activités pertinentes adaptées à notre environnement.

IV.5. Cycle de vie du dispositif d'apprentissage mobile

Dans le cadre de cette thèse, nous considérons que le scénario d'apprentissage mobile est un dispositif de formation évolutif basé sur la contribution des enseignants et des apprenants pour l'enrichissement des activités et des ressources d'apprentissage. En effet, le scénario de type sortie pédagogique repose d'une part sur la motivation de l'apprenant pendant la participation à la visite et d'autre part sur le travail de l'instructeur pendant la réalisation des différentes activités d'apprentissage. Par conséquent, cette situation de formation évolue avec le temps car elle intègre au fur et à mesure des scénarios non recensés par l'enseignant lors de la phase de planification. Ces évolutions sont dues par exemple à l'ajout de nouveaux POIs ou à la recommandation de chemins plus pertinents pour l'apprentissage qui diffèrent de ceux prévus par l'instructeur.

Pour supporter cela, nous avons organisé notre dispositif d'apprentissage mobile en un cycle de vie itératif capable de prendre en compte le contexte des apprenants dans le cadre des sorties pédagogiques. La figure 25 montre les quatre phases relatives à ce cycle de développement : (a) collecte des scénarios prévus pour la sortie pédagogique, (b) choix d'un modèle de comportement, (c) adoption d'une stratégie d'apprentissage et (d) définition des paramètres d'évaluation du dispositif réalisé en vue de créer de nouvelles versions capables de prendre en compte les nouveaux scénarios qui peuvent émerger.

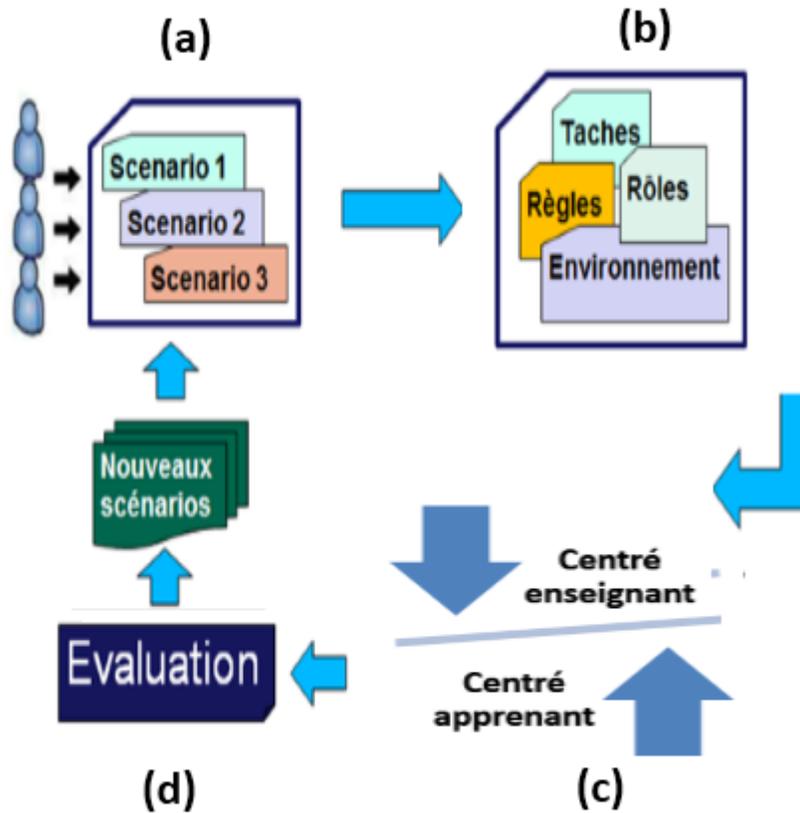


Figure 25: Cycle de vie de notre scénario d'apprentissage mobile.

IV.5.1. Collecte des scénarios

Cette phase se base sur la collecte et l'analyse des différents comportements des apprenants et des experts face à cette situation d'apprentissage. Elle consiste à définir le modèle de scénario avec un formalisme (voir le tableau 12) qui décrit les rôles des acteurs, les artefacts, les conditions dans lesquels les activités sont effectuées et les relations qui existent entre ces différents éléments (Delotte, 2006). Pour atteindre cet objectif, notre scénario doit prendre en compte le travail de l'instructeur effectué lors de la planification de la sortie pédagogique et les différentes contributions des apprenants et des experts pendant le déroulement de la visite.

Au début du scénario, l'instructeur introduit les POIs importants (principaux) à visiter et les activités à réaliser (les ressources à consulter, les questions avec des suggestions de réponses,...) dans le cadre d'un scénario préétabli. Ensuite, les apprenants et les experts peuvent introduire d'autres POIs différents de ceux du scénario principal afin d'enrichir les activités d'apprentissage mobile.

Pendant le déroulement de la visite, les différents acteurs de notre dispositif participent à l'enrichissement de notre scénario à travers l'ajout de nouvelles ressources (la prise de photo par les apprenants) et la proposition d'activités complémentaires (ajout de questions par les experts). Les apprenants peuvent interagir entre eux à l'aide des commentaires qu'ils peuvent poster sur chaque activité du POI. Après avoir terminé la visite, un même test des connaissances acquises lors de la sortie pédagogique est proposé aux apprenants et aux experts. Ensuite, l'analyse des résultats de cette évaluation nous permet d'avoir un feedback sur notre dispositif.

IV.5.2. Choix d'un modèle comportemental

Le modèle comportemental est une vue globale de l'ordonnancement des activités qui doivent être supportées par le système ainsi que leurs caractéristiques (rôles des acteurs, contexte d'usage, artefacts, etc.) (Delotte, 2006). Ce modèle doit permettre l'orchestration en temps réel des graphes relatifs aux activités d'apprentissage mobile au niveau de l'apprenant et au sein des groupes formés pendant le déroulement de la visite afin de respecter les objectifs formels de la sortie pédagogique (Dillenbourg, 2012). Pour atteindre cet objectif, le modèle de comportement doit supporter les interactions entre les apprenants et la sensibilité au contexte d'apprentissage ainsi que l'émergence de nouveaux profils de visite après la phase d'évaluation de notre dispositif.

Dans le cas des scénarios d'apprentissage mobile, nous avons défini plusieurs modèles de comportement (voir le chapitre V) pour prendre en compte la localisation de l'apprenant, son profil (intérêt) ainsi que son historique d'activités pendant la sortie pédagogique. Ces modèles dépendent fortement de la volonté des apprenants de participer au processus de formation, de la qualité des commentaires postés et des groupes créés par les experts pendant la visite. Toutefois, l'instructeur et les experts élus pendant la visite peuvent guider ce processus de formation grâce aux objectifs formels fixés lors la planification préétablie de notre scénario.

Le choix d'un modèle de comportement est effectué par l'instructeur en fonction des besoins d'apprentissage des apprenants. Ces besoins sont définis grâce à des dimensions comme : la pédagogie de l'instructeur, les chemins fréquentés par les apprenants, le voisinage des POIs,...

IV.5.3. Adoption d'une stratégie d'apprentissage

Dans le cas des sorties pédagogiques, les principales Plateformes de Formation à Distance (PFD) comme Moodle, Chamilo, Canvas, etc. ne permettent pas aux enseignants d'ancrer les activités d'apprentissage aux bons endroits pendant le déroulement de la visite (Chatti, Keeratibumrungsong, & Obster, 2012). Par conséquent, ce type d'architecture ne permet pas de prendre en compte la localisation géographique de l'apprenant et l'historique de la visite pour orchestrer les différentes activités d'apprentissage mobile (voir le chapitre II).

D'autre part, les Environnements d'Apprentissage Virtuel (EAV) permettent l'organisation centralisée des activités à réaliser par les apprenants et l'intégration des fonctionnalités des Smartphones (GPS, Internet,..) dans un environnement de réalité virtuelle (Dillenbourg, Schneider, & Synteta, 2002). Ce type d'environnement peut associer des activités d'apprentissage à des endroits précis pendant le déroulement de la visite. Cependant, les tuteurs ne peuvent pas guider l'apprentissage selon les objectifs déjà prévus pendant la phase de planification tout en incitant l'apprenant à construire sa propre connaissance avec les autres [5] [7].

Dans ce contexte, les Environnements Personnels d'Apprentissage (EPA) peuvent être utilisés pour que l'apprenant joue un rôle actif dans sa propre formation afin d'alléger la charge des tuteurs. Ce type d'environnement permet à l'apprenant d'accéder aux informations susceptibles d'initier son savoir ou de le renforcer. L'apprenant peut aussi s'appuyer sur les services Web 2.0 et les réseaux sociaux pour construire de manière ad hoc avec les autres apprenants ou les experts de nouvelles connaissances (Peter, Villasclaras-Fernández, & Dimitriadis, 2013).

Contrairement aux PFDs et aux EAVs qui sont centrés sur l'enseignant, les Environnements Personnels d'Apprentissage (EPAs) présentent un style d'apprentissage centré sur l'apprenant. Le choix d'une stratégie d'apprentissage associée à notre modèle comportemental dépend de la nature de l'application et de la spécificité des besoins des apprenants. Dans notre système, les activités sont gérées par l'instructeur mais elles sont suggérées en fonction de la localisation de l'apprenant, de son profil ainsi que son historique de la visite. Pour atteindre cet objectif, nous devons trouver un équilibre entre l'approche centrée sur l'apprenant et celle centrée sur l'enseignant comme le montre la figure 26 :

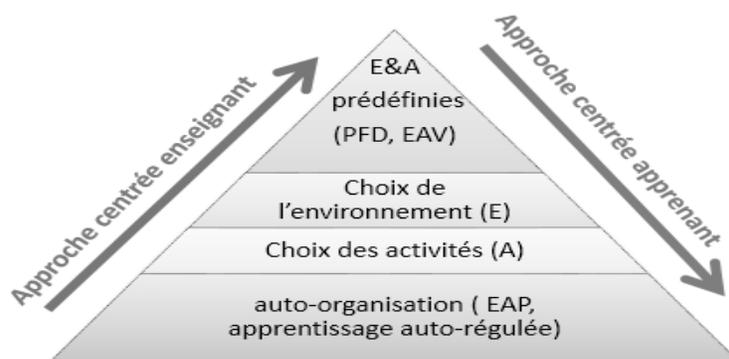


Figure 26: Les deux types d'approches associées aux modèles de comportement (Peter, Leroy, & Leprêtre, 2011).

IV.5.4. Définition des paramètres d'évaluation du dispositif réalisé

Dans cette phase, nous abordons l'évaluation du dispositif d'apprentissage mobile en nous appuyant sur la recherche et la définition d'indicateurs destinés à l'évaluation de notre système. Ces indicateurs constituent une base permettant de comparer entre les différents systèmes d'apprentissage et les différentes configurations d'un même système.

Dans la littérature, il existe plusieurs méthodes permettant l'évaluation du comportement des apprenants en faisant abstraction que celui-ci se déroule dans un environnement « pervasif » ou dans un environnement plus « classique ». Cependant, nous ne pouvons pas trouver de méthode permettant l'évaluation spécifique de l'aspect pervasif de la collaboration pendant le déroulement de la sortie pédagogique. Selon Hamadache et Lancieri, il n'existe pas d'indicateurs, de mesure ou de méthode qui devraient permettre de faire l'évaluation de notre scénario d'apprentissage mobile. Pour répondre à cette problématique, nous pouvons calculer un ensemble de mesures permettant d'estimer les différents taux de participation de l'apprenant à notre scénario pervasif. Une première différenciation, ou classification, consiste à séparer les indicateurs globaux permettant une évaluation centrée sur l'apport de l'apprenant par rapport aux activités totales du scénario et les indicateurs locaux permettant d'évaluer le comportement individuel de l'apprenant (Hamadache & Lancieri, 2010).

Dans le cadre de notre conception, nous définissons des paramètres globaux comme le taux de contributions (TC) par rôle ou le taux d'interactions (TI) par acteur. Ces deux mesures peuvent être calculées à l'aide de formules simples. Citons à titre d'exemple, le taux de contribution par apprenant est égal au nombre de ressources ajoutées par un apprenant donné sur le nombre total des ressources du système. Ces deux indicateurs (TC, TI) permettent d'avoir une idée générale sur la participation des apprenants à l'enrichissement de notre scénario d'apprentissage mobile à travers le nombre de commentaires postés ou le nombre de ressources ajoutées (photos, vidéo,...). Dans le même contexte, nous pouvons imaginer d'autres indicateurs locaux comme le taux de concentration par activité ou le taux de persévérance qui permettent d'avoir une idée sur la motivation de l'apprenant pendant le parcours de formation. Par exemple, le taux de concentration par activité est égal à la durée prévue pour cette activité sur la durée passée à sa réalisation.

Dans le cas de notre scénario d'apprentissage mobile, la plupart de ces indicateurs sont suffisamment simples pour être extraits automatiquement par notre système pendant le déroulement de la sortie pédagogique.

IV.6. Conclusion du chapitre IV

Dans ce chapitre, nous avons défini un cadre conceptuel pour la création des scénarios de type sortie pédagogique. Ensuite, nous avons décrit un cycle de développement de ce genre de dispositif de formation tout en insistant sur la variabilité du contexte de l'apprenant. Cette conception s'appuie sur l'orchestration pour adapter les activités à réaliser par l'apprenant en fonction de sa position géographique et son historique de visite. Pour cette raison, nous abordons dans le chapitre prochain, la mise en œuvre des différents systèmes de comportement capables de garantir l'avancement de notre apprenant par rapport aux objectifs formels de son apprentissage mobile.

Chapitre V. Elaboration de notre modèle de comportement pour la simulation

V.1. Introduction

Dans le chapitre précédent, nous avons présenté la conception d'un scénario d'apprentissage mobile capable de prendre en compte le profil des apprenants. Par conséquent, nous pouvons faire un premier filtrage au niveau des POIs du scénario d'apprentissage pour sélectionner les activités liées aux intérêts et aux prérequis des apprenants. Cependant, pour N POIs associés à un profil donné, nous pouvons avoir $N!$ chemins possibles pour les parcourir. Dans ce contexte, la recommandation d'un parcours personnalisé de POIs permet de mieux orienter le processus d'apprentissage en fonction de la localisation de l'apprenant et de l'historique de la visite.

Dans ce qui suit, nous présentons plusieurs techniques d'orchestrations des activités d'apprentissage mobile basées sur la recommandation des POIs. Puis, nous expliquons que les techniques utilisant l'algorithme de fourmis (ACO) peuvent prendre en compte différents critères comme la distance parcourue pendant la visite, la pédagogie de l'enseignant, le score des apprenants, etc. Ensuite, nous évaluons la pertinence de chaque type de recommandation en fonction des objectifs pédagogiques prévus par l'instructeur ou du respect des contraintes modélisées dans le scénario de la visite. Enfin, ces évaluations peuvent être réalisées grâce à des simulations du comportement des apprenants.

V.2. Orchestration des scénarios d'apprentissage mobile

Selon l'intérêt du participant pour la sortie pédagogique, notre dispositif de formation sélectionne les POIs à visiter afin de permettre aux apprenants de réaliser les activités correspondantes aux objectifs prévus par l'instructeur. Cependant, chaque apprenant peut souhaiter choisir son propre parcours d'apprentissage à travers la lecture des ressources et la réalisation des activités associées à chaque POI. Dans ce contexte, la recommandation d'un ordre particulier de POIs peut guider les apprenants selon les objectifs d'apprentissage comme le montre la figure 27 :

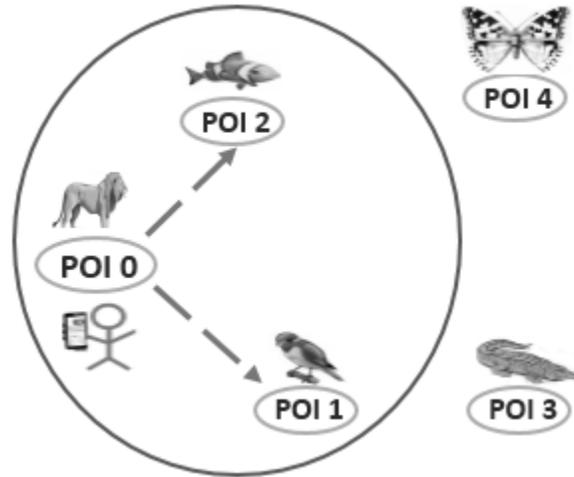


Figure 28: Orchestration des POIs par voisinage

V.2.2.Orchestration selon le plus court chemin :

Dans le cadre de cette orchestration, nous cherchons à optimiser le chemin recommandé de façon globale au fur et à mesure de l'alimentation de l'historique des visites. En effet, pour un nombre réduit de POIs à visiter, nous pouvons avoir plusieurs chemins possibles. Par exemple, pour 10 POIs nous avons 3628800 chemins possibles (i.e 10!). Dans ce contexte, la recommandation du plus court chemin peut être une solution intéressante car c'est une technique qui permet à l'apprenant de choisir un chemin géographiquement optimal grâce à la matrice de voisinage des POIs. Cependant, ce chemin peut être un parcours qui n'a jamais été emprunté par aucun apprenant et qui n'a pas forcément de sens d'un point de vue pédagogique. C'est un inconvénient majeur de cette approche car nous nous intéressons seulement aux chemins trouvés par les apprenants dans le cadre des scénarios d'apprentissage mobile. Dans ce qui suit, la figure 29 explique comment se fait le calcul du plus court chemin à l'aide de la matrice de voisinage des POIs.

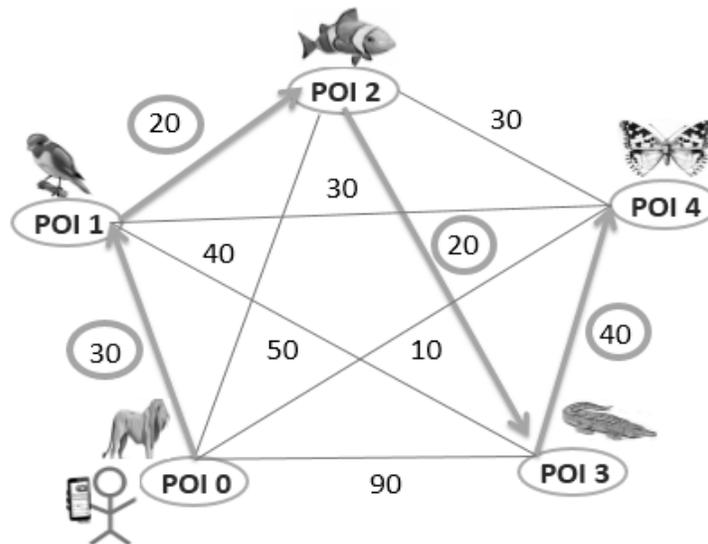


Figure 29: Orchestration par le plus court chemin

Dans cet exemple, l'apprenant se trouve dans le POI₀ (le lion) et il choisit d'aller au POI₁ car celui-ci correspond à la distance la plus courte selon la matrice de voisinage des POIs. Ensuite, le chemin recommandé est construit pas à pas jusqu'au POI₄ (en passant par le POI₂ et le POI₃).

V.2.3.Orchestration selon le chemin le plus fréquenté :

Dans ce style de recommandation, nous utilisons la matrice « Historique » pour recommander à chaque apprenant le chemin le plus fréquenté. Ce chemin peut changer en fonction des visites déjà réalisées par les apprenants mais il ne prend pas en compte ni la distance entre les POIs ni la pédagogie de l'enseignant. La figure 30 montre qu'à partir de la matrice « Historique », nous pouvons déduire le chemin le plus fréquenté. Dans ce graphique, les lignes représentent les POIs de départ et les colonnes, les POIs d'arrivées. Les valeurs de la matrice correspondent donc au nombre de fois où un trajet entre 2 POIs a été emprunté.

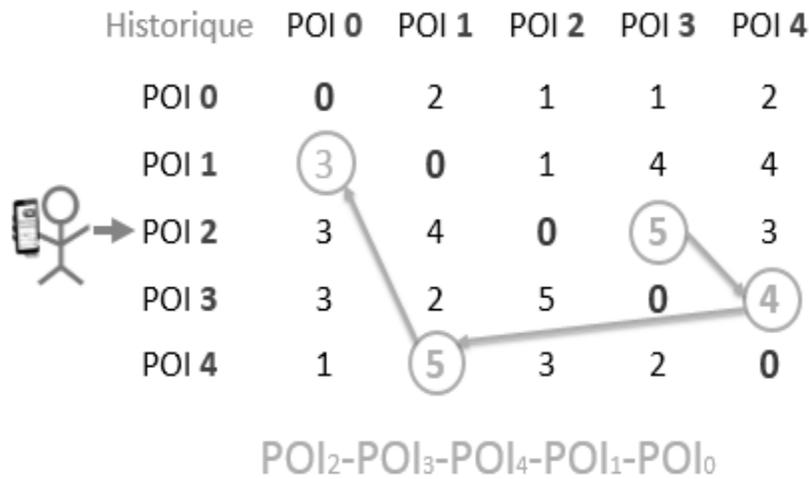


Figure 30: Orchestration par historique.

Dans cet exemple, l'apprenant se trouve au POI₂ et le système utilise la matrice « Historique » pour choisir la transition la plus fréquentée. Cette transition correspond au déplacement entre le POI₂ et le POI₃. Ces déplacements permettent de construire pas à pas le chemin le plus fréquenté par les apprenants, ce chemin est décrit à l'aide des transitions entre les POIs comme suit : (POI₂-POI₃-POI₄-POI₁-POI₀).

V.2.4.Orchestration selon la durée de visite :

La durée du parcours des POIs est un paramètre important pour l'orchestration des activités pendant le déroulement de la sortie pédagogique. En effet, une durée courte peut indiquer le désintéressement des apprenants et une durée trop longue peut signifier qu'il y a un obstacle pendant la visite (POI peu visible, activité pédagogique difficile à réaliser,...). Dans ce contexte, la recommandation du chemin correspondant à une durée acceptable de la visite peut être utilisée pour orchestrer dynamiquement les activités relatives à la sortie pédagogique. La figure 31 montre les différents paramètres associés à la description du scénario d'apprentissage mobile.

Ces paramètres sont : (1) TR = Temps de Repérage du POI, (2) TV= Temps de Visite du POI, (3) Temps de Lecture des ressources du POI, (4) TQ= Temps passé pour répondre aux questions relatives aux POIs et (5) TT= Temps de Transition entre les POIs.

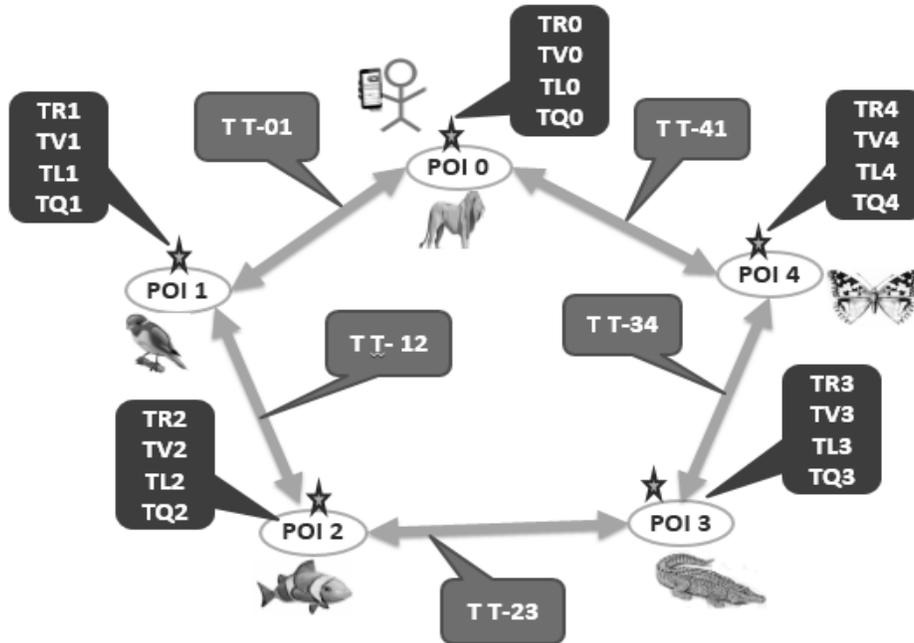


Figure 31: Modélisation des paramètres liés à la durée de notre scénario mobile

Selon cette modélisation, la durée de la visite est divisée en deux catégories :

- A. Durée **indépendante** du scénario d'apprentissage : Elle se compose du (1) temps de repérage des POIs (TR), (2) le temps de visite des POIs (TV) et (3) le temps de transition entre les POIs (TT).
- B. Durée **dépendante** du scénario : Elle regroupe (1) le temps de lecture des ressources des POIs (TL) et (2) le temps de réalisation des activités (TQ).

Pendant le déroulement de la visite, nous ne pouvons pas faire la distinction entre ces deux catégories. Donc, il est impossible de recommander un chemin en fonction de la durée de déroulement des activités pédagogiques en ignorant par exemple la vitesse de déplacement des apprenants ou le temps de repérage des POIs. Par conséquent, ce type de recommandation ne permet pas de mettre en relief les objectifs d'apprentissage de la visite.

V.2.5.Orchestration selon la pédagogie de l'enseignant :

Cette technique d'orchestration se base sur deux types de matrices : 1) la matrice représentant l'association entre les POIs et les activités ainsi que 2) la matrice scénario qui reflète le workflow des activités. Dans ce qui suit, la figure 32 et la figure 33 illustre un exemple de ce type d'orchestration.

	A1	A2	A3	A4-1	A4-2	A4-3	A5-1	A5-2
POI1	1	0	0	0	0	0	0	0
POI2	1	0	0	0	0	0	0	0
POI3	1	0	0	0	0	0	0	0
POI4	1	0	0	0	0	0	0	0
POI5	1	0	0	0	0	0	0	0
POI6	0	1	0	0	0	0	0	0
POI7	0	0	1	0	0	0	0	0
POI8	0	0	0	1	0	0	0	0
POI9	0	0	0	0	1	0	0	0
POI10	0	0	0	0	0	1	0	0
POI11	0	0	0	0	0	0	1	0
POI12	0	0	0	0	0	0	0	1

Figure 32: La matrice décrivant l'association entre les POIs et les activités.

	A1	A2	A3	A4-1	A4-2	A4-3	A5-1	A5-2
A1	0	1	0	0	0	0	0	0
A2	-1	0	1	0	0	0	0	0
A3	0	-1	0	1	1	1	0	0
A4-1	0	0	-1	0	-1	-1	1	1
A4-2	0	0	-1	-1	0	-1	1	1
A4-3	0	0	-1	-1	-1	0	1	1
A5-1	0	0	0	-1	-1	-1	0	1
A5-2	0	0	0	-1	-1	-1	0	1

Figure 33 : Description du Workflow des activités pédagogiques grâce à cette matrice.

Dans la figure 32, si l'apprenant choisit le POI₁ pour commencer sa visite alors il pourra réaliser l'activité A1. Après avoir terminé cette activité, la matrice de la figure 33 indique l'activité suivante à réaliser (dans notre cas, c'est l'activité A2). Donc, notre système de recommandation propose à l'apprenant la visite du POI₆ en consultant une nouvelle fois la matrice de la figure 32. Ce type de recommandation se base sur ces deux matrices pour recommander des POIs et des activités selon l'avancement de l'apprenant dans le scénario. En outre, dans ce scénario, les apprenants peuvent choisir entre plusieurs POIs similaires. Par exemple, pour l'activité 1 de la figure 32, les apprenants peuvent choisir le POI₁, POI₂, POI₃, POI₄ ou le POI₅. D'autre part, cette technique d'orchestration intègre des contraintes pédagogiques comme la notion de prérequis. Par exemple, dans la figure 33 l'activité A2 a comme prérequis l'activité A1 (la valeur -1) et permet de faire l'activité A3. Ce type

d'orchestration permet d'associer des contraintes pédagogiques introduit par l'enseignant aux choix des apprenants. Cependant, la description du scénario à l'aide du workflow pose des problèmes lors des mises à jour (cas d'insertion d'un nouveau POI ou d'une nouvelle activité).

V.2.6.Orchestration selon le score des apprenants

Ce type d'orchestration se base essentiellement sur la participation active des apprenants pendant le déroulement de la sortie pédagogique. En effet, ce type d'orchestration utilise les différents scores obtenus par les apprenants à la fin de la visite pour recommander le chemin correspondant au score le plus élevé. Cependant, ce parcours d'apprentissage peut refléter le choix personnel d'un apprenant particulier (celui qui a obtenu le meilleur score). Pour prendre en compte cette situation, nous pouvons recommander le chemin correspondant au score le plus élevé obtenu par la majorité des apprenants (voir la figure 34).

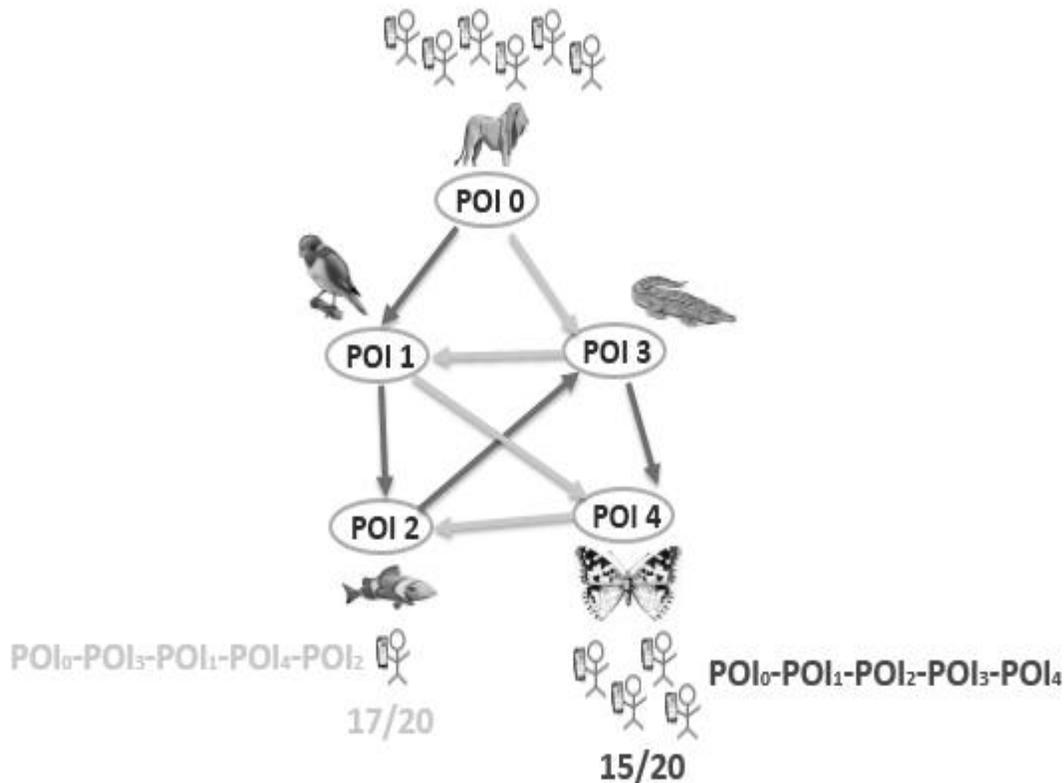


Figure 34: Recommandation de chemin par score

Cette solution semble mieux adaptée dans le cas d'un scénario où les contraintes pédagogique sont peu connues lors de la phase de la planification de la visite. Cependant, ce type d'orchestration centrée sur l'apprenant peut recommander des parcours qui ne respectent pas la pédagogie de l'enseignant.

V.2.7.Synthèse

Après avoir présenté ces styles d'orchestration, nous constatons que chacun d'eux peut prendre en compte un seul critère à la fois (la distance entre les POIs, la durée de la visite, la fréquentation des chemins,...) comme indiqué dans le tableau 15.

Tableau 15 : classement des différents types d'orchestration

<i>Type d'orchestration</i>	<i>Avantages</i>	<i>Pertinence pédagogique</i>	<i>Limites</i>
selon le voisinage des POIs	A partir d'un POI, on recommande le voisin le plus proche.	Ignore le point de vue de l'enseignant et les choix des apprenants	Pas de sens d'un point de vu pédagogique
selon le plus court chemin	Recommandation du plus court chemin.	Ignore le point de vue de l'enseignant et les choix des apprenants	Pas de sens d'un point de vu pédagogique
selon la durée de la visite	Recommandation d'un chemin correspondant à une durée acceptable	Ignore le point de vue de l'enseignant et les choix des apprenants	Pas de sens d'un point de vu pédagogique.
selon le chemin le plus fréquenté	Recommandation du chemin choisi par la majorité des apprenants	Ignore le point de vue de l'enseignant et prend en compte les choix des apprenants	Néglige les contraintes pédagogiques du scénario.
selon la pédagogie de l'enseignant	Recommandation d'un chemin guidé par les objectifs pédagogiques.	Ignore les choix des apprenants et prend en compte le point de vue de l'enseignant	Néglige les choix pédagogiques des apprenants.
selon le score des apprenants	Recommandation d'un chemin correspondant au meilleur score obtenu par les apprenants	Ignore le point de vue de l'enseignant et prend en compte les scores (choix pédagogiques) des apprenants	Néglige les contraintes pédagogiques du scénario.

Selon les besoins du scénario d'apprentissage, ces techniques d'orchestration peuvent être choisies par l'instructeur de la sortie pédagogique. Cependant, dans certains cas comme la recommandation du chemin le plus court choisi par la majorité des apprenants, l'orchestration nécessite la combinaison de deux dimensions : le voisinage des POIs et l'historique des parcours. D'autre part, le filtrage des POIs par rayon de recherche permet de réduire le nombre de lieux à visiter en fonction de la localisation de l'apprenant. L'intégration de ces contraintes (recherche par rayon et la combinaison des dimensions) peut être appréhendée par notre scénario d'apprentissage mobile pour recommander des parcours personnalisés de POIs. Pour atteindre cet objectif, nous allons nous intéresser à deux niveaux de recommandations : (1) la recommandation par rayon de recherche et (2) la recommandation bio-inspirée.

La première permet de sélectionner les POIs en fonction des données comme le profil ou la localisation de l'apprenant alors que la deuxième permet de proposer des transitions ou des séquences de POIs pendant le déroulement de la sortie pédagogique.

Ces deux niveaux de recommandation permettent d'individualiser le parcours de chaque apprenant en lui recommandant des activités d'apprentissage en fonction de sa localisation géographique, son profil et l'historique de la visite.

V.3. Recommandation par rayon de recherche

Ce type de recommandation des activités à réaliser pendant la sortie pédagogique se fait sur la base d'une simple localisation de l'apprenant. En effet, nous pouvons proposer la visite de certains POIs à partir de la position courante de chaque utilisateur. Pour atteindre cet objectif, notre système utilise le profil de l'apprenant pour faire une première sélection des POIs qui pourraient l'intéresser. La recommandation proprement dite s'appuie sur l'historique des visites des apprenants pour filtrer les POIs déjà sélectionnés selon la localisation géographique de l'apprenant et le rayon de recherche choisi [1]. La figure 35 montre les activités et les ressources associés aux POIs sélectionnés selon ce processus de recommandation :

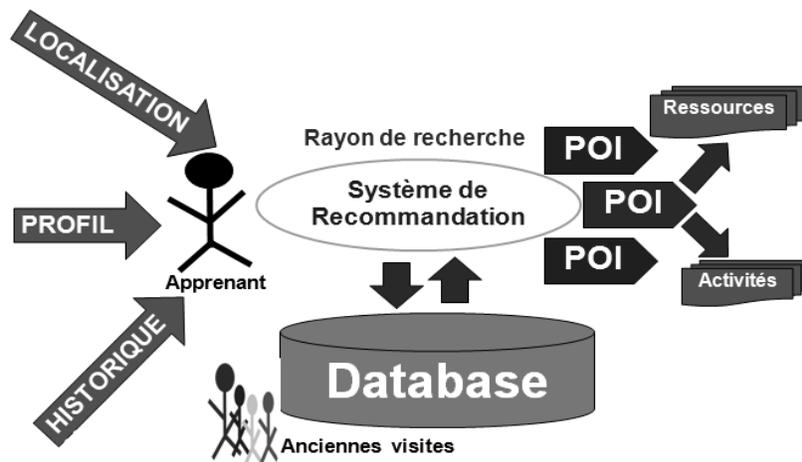


Figure 35: Architecture fonctionnelle du système de recommandation géographique.

Pour effectuer ce type de recommandation, notre système utilise l'algorithme suivant :

Algorithme Filtrage des POIs par rayon

Début

1. Détecter la **position actuelle** de l'apprenant par GPS.
2. Introduire le **rayon R** de recherche (entre 0 et 1 km) par l'apprenant.
3. Déterminer **Z** la zone d'intérêt de l'apprenant décrite par les coordonnées (longitude, latitude) minimales et maximales déduites à partir du choix du **rayon R** et de la **position actuelle** de l'apprenant détectée à l'aide du GPS.
4. Sélection des **POIs** appartenant à la zone **Z** à partir de la **BD**.

Pour chaque POI de la Zone Z Faire

5. Afficher les coordonnées du POI sur le support cartographique du mobile.

Fin pour

Si (l'apprenant sélectionne un POI) Alors

6. Afficher les activités à faire par l'apprenant ainsi que les ressources à consulter

Fin si

Fin.

Cet algorithme définit un modèle de comportement qui prend en compte la localisation de l'apprenant ainsi que son profil introduit dans la base de données. Il permet d'afficher tous les POIs potentiellement intéressants. Ensuite, l'apprenant sélectionne de façon manuelle le POI à visiter en fonction de son historique pendant la sortie pédagogique. Enfin, il peut visualiser les ressources et les activités associées à ce POI. Ces dernières peuvent être introduites dans la BD par l'instructeur, les experts, les apprenants, etc. Cette BD est mise à jour en temps réel par l'ensemble des acteurs de notre système. Remarquons que de cette manière, l'actualisation d'une même recherche avec les mêmes paramètres d'entrée peut donner des résultats différents car à chaque instant il est possible qu'un apprenant ajoute un nouveau POI.

Ce système de recommandation permet une orchestration des activités d'apprentissage mobiles en se basant seulement sur la position géographique de l'apprenant tout en respectant l'aspect collaboratif et ouvert du scénario. Cependant, ce modèle de comportement dépend fortement de la volonté des apprenants à participer au processus, de la qualité des commentaires postés et des groupes créés par les experts pendant la sortie pédagogique. D'autre part, en négligeant le séquençement des activités et le filtrage des POIs par zone géographique, ce système de recommandation ne prend pas en compte ni la vision globale du scénario ni la pédagogie de l'enseignant.

V.4. Recommandation bio-inspirée

L'attitude des apprenants en situation de mobilité ne peut pas être prévue en détail pendant la phase de conception du scénario mais elle peut être supervisée et ajustée pendant le déroulement de la sortie pédagogique. Dans cette perspective, la recommandation des activités d'apprentissage peut se ramener au choix et à l'ordonnancement des POIs en fonction des objectifs pédagogiques. Dans l'intelligence en essaim, les phéromones interviennent comme des marqueurs de fréquentation des chemins parcourus. Ces phéromones ont besoin d'être renforcés par des passages successifs des apprenants pour rester représentatifs (Dorigo, Maniezzo, & Colorni, 1996). En effet, à partir d'un POI, plusieurs chemins sont possibles mais le chemin qui satisfait les apprenants dépend de ce niveau d'importance.

Dans notre approche, l'instructeur peut modifier ce niveau de représentativité en agissant sur le dosage des phéromones. Cette prise en compte combinée entre les orientations pédagogiques de l'enseignant et la liberté des apprenants est un aspect important de notre scénarisation pédagogique adaptative. Nous verrons plus bas comment réaliser cette combinaison.

V.4.1.L'algorithme ACO et l'optimisation du parcours des POIs

Le premier algorithme de colonies de fourmis proposé par Dorigo est appelé « Ant system » (système fourmi) (Dorigo, Maniezzo, & Colorni, 1996). Cet algorithme vise à résoudre le problème du voyageur de commerce, où le but est de trouver le plus court chemin permettant de relier un ensemble de villes. Dans le cadre de notre travail, nous constatons qu'il y a une analogie entre l'optimisation de parcours pédagogique des POIs lors d'une sortie scolaire et l'optimisation du plus court chemin d'un voyageur de commerce pendant sa tournée. En effet, chaque apprenant ne doit parcourir qu'une seule fois tous les POIs du scénario. En outre, plus la fréquentation d'un chemin est

grande, plus ce trajet aura de chance d'être choisi par la suite. Symboliquement, une fois le trajet terminé, l'apprenant dépose, sur l'ensemble des arêtes parcourues des phéromones correspondant à la mémorisation du trajet. Notons que cette forme de mémorisation intègre l'oubli, fonction fondamentale dans les phénomènes d'intelligence collective (Lancieri, 2015). En effet, les phéromones s'évaporent progressivement à chaque itération ce qui implique que le chemin le plus court et le plus fréquenté a une plus grande probabilité d'être mémorisé longtemps. A partir d'un POI, plusieurs chemins sont possibles mais pour choisir le chemin optimal (le plus fréquenté par les apprenants), on utilise la règle aléatoire, décrite ci-après, de transition proportionnelle pour définir le chemin le plus probable comme illustré dans la figure 36.

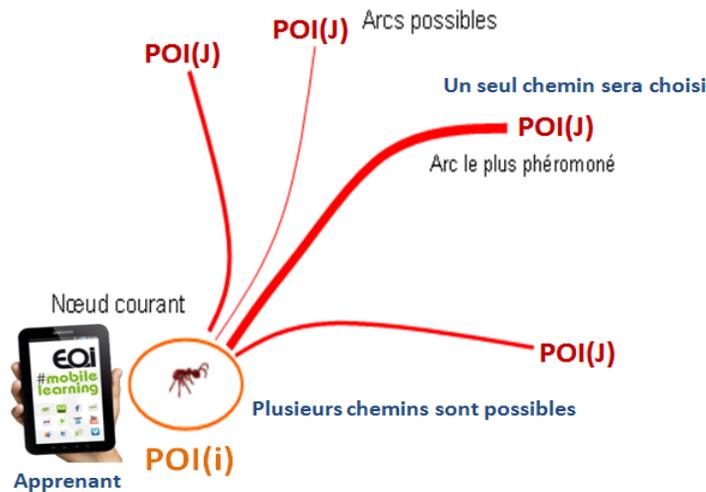


Figure 36: Transition entre le POI courant et le prochain POI

Cette règle permettant le déplacement entre le POI actuel et suivant s'écrit mathématiquement sous la forme suivante :

$$P_{ij}^k(t) = \frac{[\tau_{ij}(t)]^\alpha [\mu_{ij}(t)]^\beta}{\sum_{i \in D_i^K} [\tau_{il}(t)]^\alpha [\mu_{il}(t)]^\beta} \dots \dots \dots (1)$$

- $P_{ij}^k(t)$ représente la probabilité de transition du POI(i) vers le POI(j) pendant l'itération t. Cette probabilité dépend de la combinaison de deux valeurs : 1) $\tau_{ij}(t)$ qui est la quantité de phéromone (l'intensité) sur l'arc (i, j) à l'instant t. et 2) la valeur de la visibilité $\mu_{ij}(t)$ qui est égale à l'inverse de la distance entre POI(i) et POI(j)
 - Dans la formule 1, D_i^K représente la liste des déplacements possibles pour un apprenant k lorsqu'il se trouve sur le POI(i)
 - Les deux principaux paramètres contrôlant l'algorithme sont deux valeurs entières α et β qui contrôlent l'importance relative à l'intensité et à la visibilité d'une arête.
- Une fois le parcours des POIs effectué, l'apprenant k dépose une quantité de phéromone sur chaque arête de son parcours. Cette valeur est calculée comme suit :

$$\Delta\tau_{ij}^k(t) = \begin{cases} Q/L^k(t) & \text{si}(i,j) \in \tau^k(t) \\ 0 & \text{sinon} \end{cases} \dots \dots \dots (2)$$

Où $\tau^k(t)$ est le chemin parcouru par l'apprenant k à l'itération t, L^k est la longueur du trajet et Q est un paramètre de réglage. À la fin de chaque itération de l'algorithme, les phéromones déposées aux itérations précédentes par les apprenants s'évaporent (i.e perte d'intensité) de la quantité suivante :

$$\rho\Delta\tau_{ij}^k(t) \dots \dots \dots (3)$$

Où ρ est un paramètre de réglage. À la fin de l'itération, nous pouvons calculer la somme des phéromones qui ne se sont pas évaporées et de celles qui viennent d'être déposées.

$$\tau_{ij}^k(t+1) = (1-\rho)\tau_{ij}^k(t) + \sum_{k=1}^m \Delta\tau_{ij}^k(t) \dots \dots \dots (4)$$

Où m est le nombre d'apprenants participants à l'itération t. La méta-heuristique ACO permet à l'instructeur de déposer d'autres phéromones en plus de celles déjà déposées par les apprenants (Stutzle, et al., 2010). De cette manière, il peut influencer le scénario pédagogique. En faisant encore une fois une analogie entre la colonie de fourmis et la classe des apprenants, nous pouvons proposer l'algorithme suivant :

Algorithme Rec_ACO_POIs:

Début

1. Initialiser la matrice des phéromones par l'instructeur de la visite.

Pour Chaque nouvelle classe d'apprenants **Faire**

Pour Chaque apprenant de cette classe **Faire**

Tant que (État courant != État cible) **Faire**

2. **P**= calculer les probabilités de transition à partir du POI courant.
3. Se déplacer à l'état suivant en fonction des valeurs de **P**.
4. Déposer une quantité de phéromone (**q1**) sur le lien visité.
5. État courant = État suivant.

FinTantque

6. Évaluer la distance parcourue et marquer la solution trouvée.

Fait

7. Déterminer la **meilleure solution trouvée** (celle qui correspond à la distance minimale).

8. Déposer une **quantité de phéromone (q2)** sur tous les arcs appartenant à cette solution

9. Enlever une **quantité de phéromone (q3)** sur les arcs qui n'appartiennent pas à cette solution.

Fait

Fin.

Cet algorithme utilise trois quantités de phéromone : (1) $q1$ qui correspond à la valeur déduite à partir de la formule 2 où L^k est la longueur du trajet parcouru par l'apprenant, (2) $q2$ qui décrit la quantité de phéromone calculée à partir de la formule 2 en remplaçant L^k par la distance minimale trouvée par les apprenants et (3) $q3$ qui représente la valeur de phéromone à enlever en utilisant la formule 3. Dans ce qui suit, nous allons utiliser l'algorithme Rec_ACO_POIs pour mettre en place notre système de recommandation des POIs.

V.4.2. Définition des dimensions à intégrer dans la recommandation

Dans le cadre de notre scénario, nous pouvons imaginer plusieurs types de recommandation en fonction des différents critères recherchés par l'orchestration des activités d'apprentissage mobiles. Dans ce qui suit nous allons en décrire plusieurs manières de comparer leurs avantages et leurs inconvénients.

Selon Ye, le comportement des utilisateurs est fortement influencé par la proximité des POIs (Ye, Yin, Lee, & Lee, 2011). Ce type d'orchestration se fait sur la base d'une simple localisation mais il ne prend en compte aucune orientation ou optimisation globale du scénario. Nous pourrions nous intéresser à la recommandation du plus court chemin afin d'optimiser la distance parcourue pendant la visite mais ce critère est peu pertinent pour notre orchestration d'un point de vue pédagogique. En effet, l'apprenant qui a suivi le plus court chemin risque de ne pas respecter l'ordre des POIs prévu par l'instructeur.

Outre la distance, le temps nécessaire à la visite des POIs semble avoir aussi un intérêt pour notre recommandation car il intègre des paramètres comme le temps de transition entre POIs, le temps de repérage du POI, le temps de lecture de ressource et le temps de réalisation des activités, etc. Ces paramètres peuvent nous donner des indications sur le bon ou le mauvais déroulement du scénario. Par exemple, une visite trop rapide peut indiquer le désintéressement de l'apprenant et un cheminement trop lent peut nous donner une idée sur la difficulté du parcours emprunté par les apprenants (POI peu visible, activité inadaptée à la localisation, lenteur de l'apprenant...). Par ailleurs, ces indicateurs (temps et distance) ne sont pas suffisants pour faire une recommandation d'un chemin qui respecte les objectifs pédagogiques de la visite.

Pour prendre en compte ces différents aspects, l'instructeur doit créer un graphe qui permet de recenser tous les chemins susceptibles de fournir une bonne recommandation pédagogique aux apprenants pendant la visite (Voir chapitre IV). Cependant cette solution, risque d'être trop rigide car elle ne prend en compte que le point de vue de l'instructeur et ignore l'historique des visites des apprenants. En outre, l'enseignant peut avoir des difficultés à recenser tous les chemins d'apprentissage pendant la phase de planification de la sortie pédagogique.

Un compromis pourrait résider en une recommandation basée sur le score obtenu par les apprenants pour proposer des chemins qui varient selon les résultats des apprenants. En effet, une recommandation qui s'appuie sur le chemin le plus proche (en distance) correspondant au meilleur score obtenu par la majorité des apprenants semble intéressante car elle prend en compte le point de vue de l'instructeur et des apprenants ainsi que les contraintes du terrain. Pour atteindre ces objectifs, nous définissons les dimensions suivantes :

- (1) La dimension **voisinage des POIs** est représentée par une matrice **V** carrée symétrique de dimension **N** (N étant le nombre de POIs). Les valeurs de cette matrice représentent des mesures de distances entre les POIs qui se trouvent en lignes et les POIs en colonnes selon une métrique de distance.
- (2) La dimension **durée de visite (temps)** est représentée par une matrice **T** carrée asymétrique de dimension **N** (N étant le nombre de POIs). Chaque valeur de cette matrice représente la durée du parcours d'un POI vers un autre.
- (3) La dimension **pédagogie de l'instructeur (scénario)** est représentée par une matrice **S** carrée asymétrique de dimension **N** (N étant le nombre de POIs). Dans cette matrice, les lignes représentent les POIs où se trouve l'apprenant et les colonnes indiquent les différentes transitions possibles. Les valeurs de la matrice **S** sont déduites à partir du graphe d'exécution des activités d'apprentissage mobile conçu par l'instructeur de la sortie pédagogique.
- (4) La dimension **représentativité des parcours (poids)** est représentée par une matrice **P** carrée asymétrique de dimension **N** (N étant le nombre de POI). Cette matrice indique la **représentativité** d'une transition dans l'historique de la visite. Celui-ci est incrémenté à chaque fois qu'un apprenant transite d'un point vers l'autre.
- (5) La dimension **collaborative (phéromone)** est représentée par une matrice **PH** carrée asymétrique de dimension **N** (N étant le nombre de POIs). Cette matrice représente les meilleurs parcours trouvés par les apprenants pendant leurs visites. Elle est mise à jour quand un apprenant emprunte un chemin proche de l'un des chemins identifiés par la collaboration implicite entre apprenants.
- (6) La dimension **résultat obtenu (score pédagogique)** est représentée par une matrice **SC** carrée asymétrique de dimension **N** (N étant le nombre de POIs). Lorsque chaque apprenant termine son parcours des POIs, il passe un test final pour valider les connaissances acquises pendant la visite. Le score obtenu sera évalué par notre système puis sera sauvegardé dans la matrice SC.
- (7) La dimension **probabilité** est représentée par une matrice **PR** carrée asymétrique de dimension **N** (N étant le nombre de POIs). Cette matrice est mise à jour en fonction des valeurs des matrices précédentes pour calculer la probabilité de transition d'un POI vers un autre selon la formule suivante :

$$PR_{ij}^k(t) = \frac{V_{ij}(t)^\gamma * P_{ij}(t)^\alpha * T_{ij}(t)^\omega * S_{ij}(t)^\beta * SC(t)_{ij}^\mu * PH_{ij}(t)^\theta}{\sum_{l \in D} V_{il}(t)^\gamma * P_{il}(t)^\alpha * T_{il}(t)^\omega * S_{il}(t)^\beta * SC(t)_{il}^\mu * PH_{il}(t)^\theta} \dots \dots \dots (5)$$

Où α , β , γ , θ , μ et ω sont des paramètres de réglage qui permettent d'intégrer respectivement la représentativité des parcours (la matrice **P**), la pédagogie de l'instructeur (la matrice **S**), le voisinage des POIs (la matrice **V**), la collaboration dans le marquage des parcours par les phéromones (la matrice **PH**), le score obtenu par les apprenants (la matrice **SC**) ainsi que la durée de la visite (la matrice **T**) dans le calcul des différentes probabilités PR_{ij} de la matrice PR. Ces valeurs permettent de faire des transitions à partir d'un POI vers les autres comme indiqué dans la figure 37 :

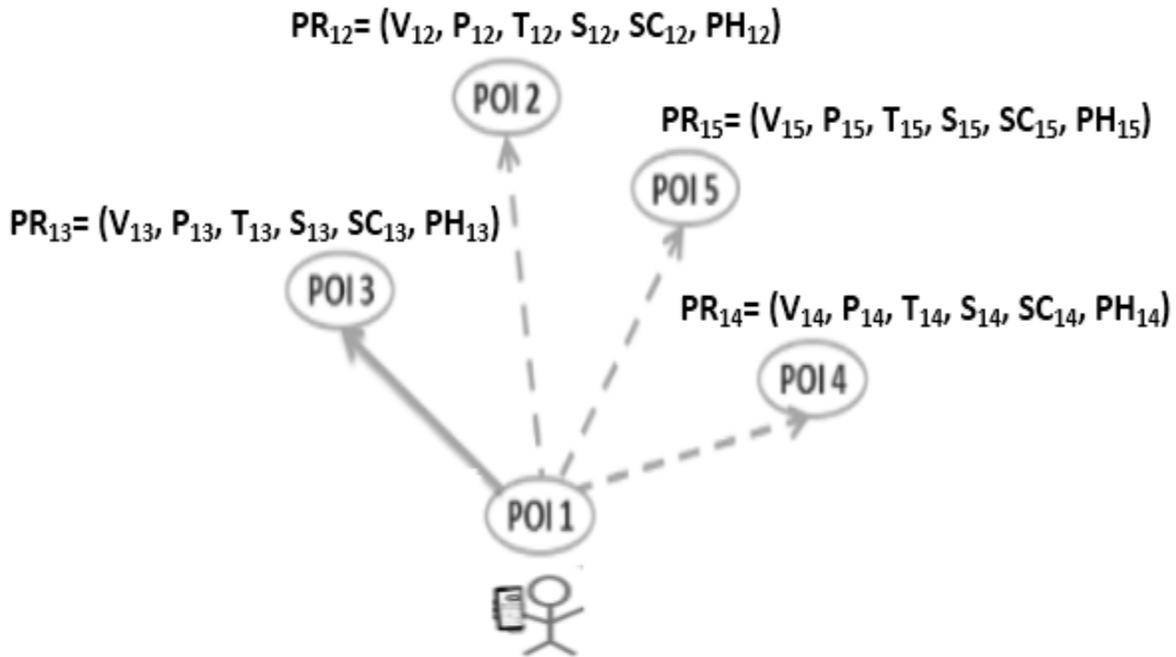


Figure 37: La transition entre le POI 1 et le prochain POI se fait en fonction des valeurs de PR

V.5. Description de notre système de recommandation

Notre scénario permet à l'apprenant de construire sa propre connaissance en collaborant avec les autres afin d'atteindre les objectifs prévus par l'enseignant (Picot-Clémente & Bothorel, 2014). Dans ce contexte, notre système de recommandation doit permettre une orchestration des activités d'apprentissage mobile en fonction de la simple redondance des parcours des apprenants. Il se base sur le filtrage collaboratif passif des visites antérieures des utilisateurs. Par conséquent, ce type d'orchestration permet de recommander à chaque apprenant un ordre personnalisé des POIs en fonction des activités antérieurs du groupe de visiteurs. Ce dernier reflète un scénario construit à base d'une séquence de ressources à lire et d'activité à réaliser pendant la visite des lieux déjà localisés par l'instructeur.

Pour atteindre ces objectifs, nous intégrons les matrices V, T, P, S, SC et PH dans notre système de recommandation pour calculer les probabilités relatives aux différentes règles de déplacement entre les POIs. Ces règles s'inspirent de l'algorithme ACO décrit précédemment et sont écrites mathématiquement dans la formule 5. Dans ce modèle, nous considérons que l'apprenant est libre de suivre la recommandation proposée par notre mécanisme. Par conséquent, dans le cas où il n'approuve pas le choix du POI recommandé, son choix doit pouvoir être intégré dans l'historique de notre système et être utilisé dans les futures recommandations.

La figure 38 explique qu'à partir d'un point d'intérêt POI_i , nous pouvons recommander plusieurs transitions possibles entre POIs selon la distance (si on cherche le plus court chemin) ou selon le temps (si on désire avoir le chemin le plus rapide/le plus lent),...

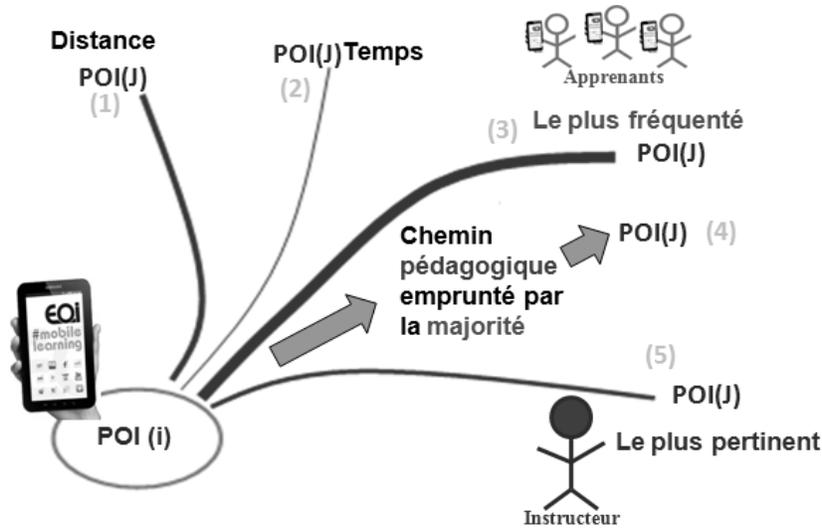


Figure 38: Les différents types de recommandation Bio-inspirée.

En effet, les paramètres α , β , γ , θ , μ et ω de la formule 5 permettent de définir plusieurs styles de recommandations. Dans ce qui suit, nous décrivons les recommandations illustrées dans la figure 38 :

- (1) Les transitions qui permettent d'optimiser la distance parcourue par les apprenants correspondent aux paramètres suivants : $\alpha=0$, $\beta=0$, $\gamma=1$, $\theta=1$, $\mu=0$ et $\omega=0$.
- (2) Les transitions qui utilisent la durée de la visite comme paramètre pour choisir à chaque fois le prochain POI à visiter par les apprenants correspondent aux paramètres suivants : $\alpha=0$, $\beta=0$, $\gamma=0$, $\theta=1$, $\mu=0$ et $\omega=1$.
- (3) Les transitions qui proposent aux apprenants le chemin le plus fréquenté utilisent les paramètres suivants : $\alpha=1$, $\beta=0$, $\gamma=0$, $\theta=1$, $\mu=0$ et $\omega=0$.
- (4) Les transitions qui permettent de recommander le chemin, le plus proche de la pédagogie de l'enseignant, suivi par la majorité des apprenants sont calculées grâce aux paramètres suivants : $\alpha=1$, $\beta=1$, $\gamma=0$, $\theta=1$, $\mu=0$ et $\omega=0$.
- (5) Les transitions qui guident les apprenants selon la pédagogie proposée par l'enseignant (scénario de visite) sont basées sur les paramètres suivants : $\alpha=0$, $\beta=1$, $\gamma=0$, $\theta=1$, $\mu=0$ et $\omega=0$.

Dans ce qui suit, nous comparons les avantages et les inconvénients des stratégies de recommandations selon l'importance accordée aux différents critères d'optimalité (forme de collaboration, proximité, vitesse, pertinence pédagogique). Nous allons commencer (5.1) par nous intéresser à la collaboration entre les apprenants pour trouver le plus court chemin à travers la recommandation géographique des POIs (selon la matrice V de voisinage). Ensuite (5.2), nous nous focalisons sur la collaboration entre les apprenants pour le choix du chemin le plus fréquenté parmi les chemins déjà prévus par l'instructeur (selon la matrice S de scénario). En dernier lieu (5.3), nous expliquons comment nous pouvons recommander des POIs en fonction du score obtenu pendant le test final (la matrice SC).

V.5.1.Recommandation selon le voisinage des POIs

Ce type de recommandation permet de faire une orchestration des activités d'apprentissage mobile en privilégiant la localisation géographique de l'apprenant, le voisinage des POIs et l'historique des parcours. Cette orchestration fournie à chaque apprenant un ordre personnalisé des POIs basé sur un ensemble de transitions (recommandations). En effet, la recommandation dynamique des parcours correspond à une forme de collaboration implicite entre les apprenants en fonction du point de départ de la visite.

Par conséquent, cette technique fournie à chaque apprenant une séquence de ressources à lire et d'activités à réaliser associée à un ordonnancement des POIs recommandés pendant la visite. Ce parcours permet l'optimisation de la distance parcourue tout en prenant en compte l'intelligence collective des apprenants. Ce scénario dépend de la proximité des POIs et du nombre de fréquentation des parcours pour recommander le chemin le plus court trouvé par la majorité des apprenants. Pour prendre en compte ces informations, nous utilisons les matrices V, P et PH pour le calcul de la matrice PR qui contient les probabilités relatives aux différentes règles de déplacement entre les POIs. Ces règles s'inspirent de l'algorithme ACO et sont écrites mathématiquement sous la forme suivante :

$$PR_{ij}^k(t) = \frac{V_{ij}(t)^\gamma * P_{ij}(t)^\alpha * PH_{ij}(t)^\theta}{\sum_{i \in D} V_{ii}(t)^\gamma * P_{ii}(t)^\alpha * PH_{ii}(t)^\theta} \dots \dots \dots (6)$$

Où γ , α et θ sont des paramètres de réglage qui permettent d'intégrer respectivement la matrice V de voisinage des POIs, la matrice P de représentativité des parcours (poids) et la matrice PH de collaboration (phéromones). En effet, à partir d'un POI_i donné, la formule 6 nous permet de calculer des probabilités de transition PR_{ij} vers chaque POI_j. Ensuite, le système recommande le POI_j correspondant à la probabilité maximale. De cette façon, le chemin emprunté par les apprenants est construit en fonction des choix des apprenants et des recommandations du système. Ce scénario nous permet de recommander en temps réel le chemin le plus court emprunté par la majorité des apprenants en se basant sur la redondance des parcours, la matrice de voisinage et l'historique des visites.

Ci-après, nous proposons trois principales variantes de recommandations de parcours de POIs en fonction des valeurs de α , β et γ :

a) La recommandation de la solution majoritaire (RSM)

Dans cette technique ($\alpha=1$, $\gamma=0$, $\theta=0$), nous ne prenons pas en compte la proximité géographique entre les POIs (la matrice V) mais plutôt le nombre de transitions entre les POIs (la matrice P) pour recommander le chemin choisi par la majorité des apprenants. D'autre part, nous n'utilisons pas le marquage des parcours (la matrice PH) car ce type de recommandation ignore toute forme de collaboration entre les apprenants. Par conséquent, le système recommande uniquement le chemin le plus fréquenté par les apprenants.

b) La recommandation du voisin le plus proche (RVPP)

Dans ce type de recommandation ($\alpha=0, \gamma=1, \theta=0$), nous ne prenons pas en compte la fréquence des parcours (Matrice P) car nous nous intéressons aux différentes distances calculées à partir du voisinage des POIs (Matrice V). En effet, pour évaluer la distance parcourue (DP), nous nous basons sur le choix du voisin (le POI) le plus proche pour déterminer les différentes transitions impliquées dans le calcul du chemin emprunté par chaque apprenant. Par exemple, pour calculer la distance relative au chemin 3-2-5-1-4 décrit dans la figure 29, nous utilisons la formule suivante :

$$DP(3-2-5-1-4) = V_{32} + V_{25} + V_{54} + V_{41} = 25 + 25 + 25 + 20 = 95 \quad \text{Où } V_{ij} \text{ est un élément de la matrice V.}$$

c) La recommandation Collaborative (RC)

Cette technique ($\alpha=1, \gamma=1, \theta=1$) prend en compte la proximité géographique entre les POIs (la matrice V) et la fréquence des parcours entre les POIs (la matrice P) pour recommander le chemin le plus court trouvé par la majorité des apprenants. En outre, nous utilisons le marquage des parcours (la matrice PH) afin de permettre aux apprenants de collaborer pour trouver le plus court chemin. Ce parcours est construit en utilisant les transitions les plus fréquentées entre les POIs correspondantes aux voisins les plus proches.

V.5.2.Recommandation selon la pédagogie de l'instructeur

L'orchestration effectuée par l'instructeur ne peut pas prendre en compte en temps réel les graphes relatifs aux activités d'apprentissage mobile pour des raisons combinatoire. En effet, à chaque localisation de l'apprenant lui correspond un ensemble spécifique de POIs à visiter. Pour prendre en compte cette contrainte, notre système de recommandation se base sur le filtrage collaboratif pour fournir à chaque apprenant un parcours individualisé des POIs pendant la visite. Par conséquent, nous intégrons les matrices S, P et PH dans le calcul des valeurs de la matrice PR. Les éléments de cette matrice correspondent aux probabilités relatives aux différentes règles de déplacement entre les POIs qui sont écrites mathématiquement sous la forme suivante :

$$PR_{ij}^k(t) = \frac{P_{ij}(t)^\alpha * S_{ij}(t)^\beta * PH_{ij}(t)^\theta}{\sum_{i \in D} P_{il}(t)^\alpha * S_{il}(t)^\beta * PH_{il}(t)^\theta} \dots \dots \dots (7)$$

Où D représente l'ensemble des déplacements possibles et (α, β, θ) sont des paramètres de réglage qui permettent d'intégrer respectivement la pédagogie de l'instructeur à travers la matrice S, la collaboration des apprenants à l'aide de la matrice PH et la représentativité des parcours déduite à partir de la matrice P.

Dans les sections qui suivent (a, b, c) nous présentons trois variantes de recommandations de parcours de POIs qui se distinguent en fonction des valeurs de α, β et θ qui décident de la prise en compte des matrices P, S et PH :

a) La recommandation de la solution majoritaire (RSM)

Dans cette technique ($\alpha=1, \beta =0, \theta=0$), nous ne prenons pas en compte le rapprochement entre les chemins empruntés par les apprenants (la matrice S) mais plutôt les poids des arêtes de transition qui s'incrémentent à chaque fois qu'un utilisateur se déplace d'un POI vers un autre (la matrice P). Par conséquent, nous pouvons recommander le chemin choisi par la majorité des apprenants (le chemin le plus fréquenté) grâce à la matrice de représentativité des parcours.

b) La recommandation pédagogique (RP)

Ici, le scénario pédagogique est décrit selon le graphe des activités créé par l'instructeur. Ce graphe est traduit par la matrice S qui permet de recommander les POIs selon les chemins prévus par l'instructeur. Les valeurs de la matrice PR dans ce cas correspondent aux paramètres suivants : $\alpha=0, \beta =1$ et $\theta = 0$. Par conséquent, la recommandation est guidée principalement par la matrice scénario qui décrit le graphe de déroulement des activités pendant la visite. Pour évaluer la pertinence pédagogique des chemins empruntés par les apprenants, nous utilisons la « Distance de Hamming » (DH) qui permet de quantifier la différence entre deux séquences de symboles de même longueur en associant le nombre de positions où ces deux suites diffèrent (Hamming, 1950). À titre d'exemple, nous citons ces trois cas différents :

- (1) DH (1011101, 1001001) = 2.
- (2) DH (2143896, 2233796) = 3.
- (3) DH (« ramer », « cases ») = 3.

Cette mesure permet à notre système d'évaluer pour chaque apprenant i l'écart pédagogique EP_i par rapport aux différents chemins prévus par l'enseignant. Ce paramètre correspond au minimum des DHs entre le CEA (Chemin Emprunté par l'Apprenant) et les CDE (Chemins Désirés par l'Enseignant) et il est calculé en utilisant la formule suivante :

$$EP_i(CEA,CDE) = \min_{k=1..N} \{DH(CEA,CDE_k)\} \dots \dots \dots (8)$$

Où N représente le nombre des chemins prévus par l'enseignant dans le cadre de notre scénario. Par exemple, pour calculer l'écart pédagogique EP_i du chemin 0-2-3-6-7-5-8 par rapport aux chemins illustrés dans la figure 39, nous utilisons la formule 8 comme suit :

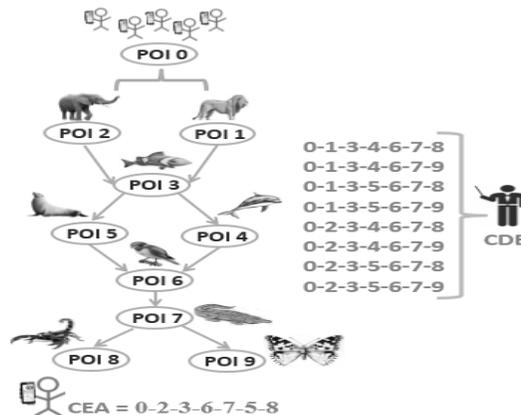


Figure 39: Le graphe relatif à la liste des chemins pédagogiques à emprunter

$$\begin{aligned}
 DH_1(0-1-3-4-6-7-8, 0-2-3-6-7-5-8) &= 4 \\
 DH_2(0-1-3-4-6-7-9, 0-2-3-6-7-5-8) &= 5 \\
 DH_3(0-1-3-5-6-7-8, 0-2-3-6-7-5-8) &= 4 \\
 DH_4(0-1-3-5-6-7-9, 0-2-3-6-7-5-8) &= 5 \\
 DH_5(0-2-3-4-6-7-8, 0-2-3-6-7-5-8) &= 3 \\
 DH_6(0-2-3-4-6-7-9, 0-2-3-6-7-5-8) &= 4 \\
 DH_7(0-2-3-4-6-7-8, 0-2-3-6-7-5-8) &= 3 \\
 DH_8(0-2-3-4-6-7-9, 0-2-3-6-7-5-8) &= 4
 \end{aligned}$$

$$EP_i(\text{CEA,CDE}) = \min\{DH_1, DH_2, DH_3, DH_4, DH_5, DH_6, DH_7, DH_8\} = \min\{4,5,4,5,3,4,3,4\} = 3$$

Cette mesure permet d'estimer le rapprochement du chemin emprunté par chaque apprenant par rapport aux chemins prévus par l'instructeur. Par conséquent, cette valeur représente aussi un bon moyen de comparer les chemins issus des différents types de recommandation d'un point de vue pédagogique.

c) La recommandation collaborative (RC)

Cette recommandation correspond aux paramètres suivants : $\alpha = \beta = \theta = 1$. Elle utilise les valeurs de la matrice PR déduites à partir de la collaboration implicite des apprenants pour l'amélioration du rapprochement entre le chemin désiré par l'enseignant et les différents chemins parcourus par les apprenants.

V.5.3.Recommandation selon le score des apprenants

Ici, le score réalisé par les étudiants est considéré comme une mesure de l'efficacité du scénario pédagogique ou en d'autre terme de la gestion optimale de toutes les contraintes. Dans ce cas, les différents scores obtenus à la fin de chaque visite sont exploités pour recommander le chemin correspondant au score le plus élevé obtenu par la majorité des apprenants. Pour atteindre cet objectif, nous intégrons les matrices SC, P et PH dans le calcul des probabilités relatives aux différentes règles de déplacement entre les POIs décrites mathématiquement dans la formule 9.

$$PR_{ij}^k(t) = \frac{P_{ij}(t)^\alpha * SC_{ij}(t)^\mu * PH_{ij}(t)^\theta}{\sum_{i \in D} P_{il}(t)^\alpha * SC_{il}(t)^\mu * PH_{il}(t)^\theta} \dots \dots \dots (9)$$

Ces règles nous permettent de définir trois principales variantes de recommandations de parcours de POIs en fonction des valeurs de α , μ et θ :

a) La recommandation de la solution majoritaire (RSM)

Cette recommandation utilise les poids des arêtes de transition (la matrice P) pour recommander le score correspondant au chemin le plus fréquenté par les apprenants. Ces poids s'incrémentent à chaque fois qu'un utilisateur se déplace d'un POI vers un autre. Ce style de recommandation correspond aux valeurs : $\alpha=1$, $\mu=0$ et $\theta=0$.

b) La recommandation pédagogique (RP)

Le scénario de la sortie pédagogique est guidé grâce aux scores obtenus par les apprenants à la fin de chaque visite. Dans cette technique, les valeurs de la matrice PR correspondent aux paramètres suivants : $\alpha=0$, $\mu=1$ et $\theta=0$ afin de mettre en relief la dimension décrite par la matrice SC.

Cette dernière contient les différentes traces relatives aux résultats obtenus lors de la réalisation des activités du scénario d'apprentissage. Pour recommander des parcours en fonction des différents chemins empruntés par les apprenants, nous allons nous baser seulement sur le score obtenu par chaque apprenant à la fin de la visite.

c) La recommandation collaborative (RC)

Les paramètres suivants : $\alpha = \mu = \theta = 1$ permettent de recommander la transition correspondante au meilleurs score obtenu par la majorité des apprenants. Les valeurs de la matrice PR permettent d'avoir une collaboration implicite des apprenants en fonction de l'historique de la visite. Par exemple, le tableau 16 décrit les parcours empruntés par sept apprenants, leurs scores et les chemins recommandés par le système.

Tableau 16 : Exemple de recommandation collaborative par score

<i>N° apprenant</i>	<i>Chemin emprunté</i>	<i>Score obtenu</i>	<i>Chemin recommandé</i>
1	0-1-2-3-4	13	0-1-2-3-4
2	0-1-3-2-4	15	0-1-3-2-4
3	0-1-4-2-3	14	0-1-3-2-4
4	0-1-2-3-4	15	0-1-2-3-4
5	0-2-1-3-4	15	0-1-2-3-4
6	0-1-4-2-3	14	0-1-2-3-4
7	0-1-4-2-3	14	0-1-4-2-3

V.6. Simulation du comportement des apprenants

Dans cette section, nous proposons un simulateur du comportement des apprenants face aux différents types de recommandations des POIs grâce à des agents logiciels (SMA). Cet outil peut prendre en compte des paramètres comme le nombre d'apprenant, le type de mesure à utiliser (la distance euclidienne, la distance de Hamming ou le score obtenu) et le taux d'acceptation des recommandations par les apprenants. L'objectif ici est de tester chaque style de recommandation avant de l'expérimenter avec des apprenants sur le terrain. En effet, la simulation du comportement des apprenants pendant le déroulement de la sortie pédagogique peut répondre aux questions suivantes :

- (1) Comment le nombre d'apprenants peut-il influencer le comportement de notre système ?
- (2) Comment comparer les différentes approches de recommandation entre elles ?
- (3) Comment définir de nouvelles variantes de recommandations en fonction des paramètres α , β , γ , θ , μ et ω ?

Pour répondre à ces questions, nous intégrons dans la première version de notre simulateur plusieurs paramètres de réglage pour calculer les probabilités de transitions entre les POIs comme le montre l'interface décrite dans la figure 40.

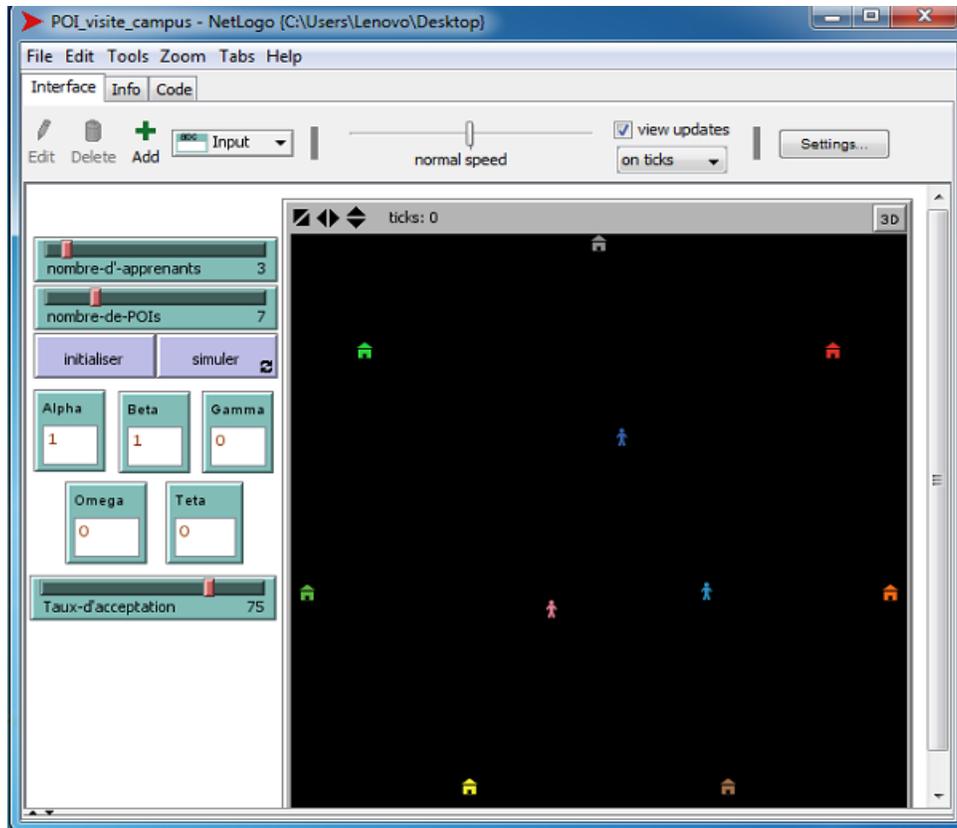


Figure 40: Interface développée sous NetLogo²⁵ utilisée pour introduire les paramètres d'entrée du simulateur.

Ces probabilités peuvent être calculées de façon automatique grâce à la formule (5) pour recommander des POIs en fonction des paramètres α , β , γ , θ et ω . Cependant, la prise en compte des choix des agents se fait de manière aléatoire. Pour plus de réalisme, nous développons une deuxième version de notre simulateur qui permet aux apprenants d'introduire leurs choix de parcours de façon manuelle. Dans la figure 41, nous présentons un exemple de sortie pédagogique (visite de zoo) basé sur le parcours de cinq POIs (le lion, la cigogne, l'aquarium des poissons, le crocodile et les papillons). L'objectif ici est d'expliquer le fonctionnement de notre système de recommandation qui est intégré dans cette version du simulateur [4].

Au début de la visite, le chercheur doit indiquer au simulateur le POI le plus proche de sa localisation géographique (dans cet exemple, l'apprenant introduit le « 0 » qui correspond au POI₀ « lion »). Ensuite, le système liste les POIs accessibles à partir du POI₀ tout en recommandant la visite du POI₃ (le crocodile) grâce à la matrice des probabilités (PR). L'apprenant peut alors suivre la recommandation du système ou faire un autre choix comme indiqué dans la figure 41. Cette action sera prise en compte par ce simulateur dans le calcul des probabilités afin de recommander un nouveau POI à visiter (dans notre cas, c'est le POI₁ « cigogne »). Ce processus sera répété jusqu'à la fin de la visite.

²⁵ <https://ccl.northwestern.edu/netlogo/>

```

apprenant1
#-----Affichage de la liste des POI-----#
0.LION
1.CIGOGNE
2.AQUARIUM
3.CROCODILE
4.Papillons
#-----#
Entrez votre point de départ
0
votre point de départ est =0.LION
#-----Choix du second point à visiter -----#
1.CIGOGNE..... distance = 20.0
2.AQUARIUM..... distance = 40.0
3.CROCODILE..... distance = 20.0
4.Papillons..... distance = 25.0
La matrice des probabilités
POI0,0000000000 ,30303030303 ,15151515152 ,30303030303 ,24242424242
,00000000100 ,00000000000 ,00000000100 ,00000000100 ,00000000100
,00000000100 ,00000000100 ,00000000000 ,00000000100 ,00000000100
,00000000100 ,00000000100 ,00000000100 ,00000000000 ,00000000100
,00000000100 ,00000000100 ,00000000100 ,00000000100 ,00000000000
Le POI recommandé est = 3.CROCODILE
Entrez votre choix :
2
votre second point est =2.AQUARIUM
#-----Choix du troisième point à visiter -----#
1.CIGOGNE..... distance = 25.0
3.CROCODILE..... distance = 100.0
4.Papillons..... distance = 40.0
,00000000000 ,30303030303 ,15151515152 ,30303030303 ,24242424242
,00000000100 ,00000000000 ,00000000100 ,00000000100 ,00000000100
POI2,00000000100 ,53333333333 ,00000000000 ,13333333333 ,33333333333
,00000000100 ,00000000100 ,00000000100 ,00000000000 ,00000000100
,00000000100 ,00000000100 ,00000000100 ,00000000100 ,00000000000
Le POI recommandé est = 1.CIGOGNE
    
```

Figure 41: Exemple de calcul des probabilités de transition entre les POIs (la matrice PR)

Les simulations décrites dans la figure 41 prennent en compte qu'un seul choix d'apprenant pour recommander dynamiquement des transitions vers des POIs pendant le déroulement de la visite. Pour cette raison, notre outil de simulation ne peut pas recommander des chemins de POIs (le chemin le plus fréquenté, le chemin le plus court, ...) car il ne prend pas en compte plusieurs choix consécutifs des apprenants. Pour faire face à cette situation, nous mettons en place une troisième version de notre outil pour simuler les différents types de recommandation précédemment décrits (la recommandation selon le voisinage des POIs, la recommandation selon la pédagogie de l'instructeur, la recommandation selon le score des apprenants).

V.6.1.Simulation de la recommandation selon le voisinage des POIs

Dans cette section, nous intégrons (1) la distance entre les POIs (la matrice V) et (2) la fréquentation des parcours des chemins (la matrice P) dans le calcul des éléments de la matrice de marquage des parcours (la matrice phéromones PH). Ces trois matrices permettent de définir trois variantes de recommandations des POIs : (1) la **R**ecommandation de la **S**olution issue du choix de la **M**ajorité (RSM), (2) la **R**ecommandation du **V**oisin le **P**lus **P**roche (RVPP) et la **R**ecommandation **C**ollaborative (RC) qui permet de recommander le plus court chemin trouvé par les apprenants [5].

La matrice de voisinage des POIs (V) permet de faire la recherche du voisin le plus proche (RVPP) alors que la matrice représentativité des parcours (P) aide à favoriser les parcours empruntés par la majorité des apprenants (RSM). La combinaison de ces deux matrices (V et P) avec la matrice PH permet de définir une collaboration implicite entre les apprenants dans le but de trouver le plus court chemin (RC).

Dans ce qui suit, nous nous intéressons à l'écart entre les différentes distances recommandées (DR) par le simulateur en fonction des chemins parcourus par les apprenants. Ces mesures nous permettent de comparer les différentes variantes de recommandations (RSM, RVPP et RC) en fonction des distances parcourues (DP) pendant la sortie pédagogique et du nombre d'apprenants (voir la figure 42).

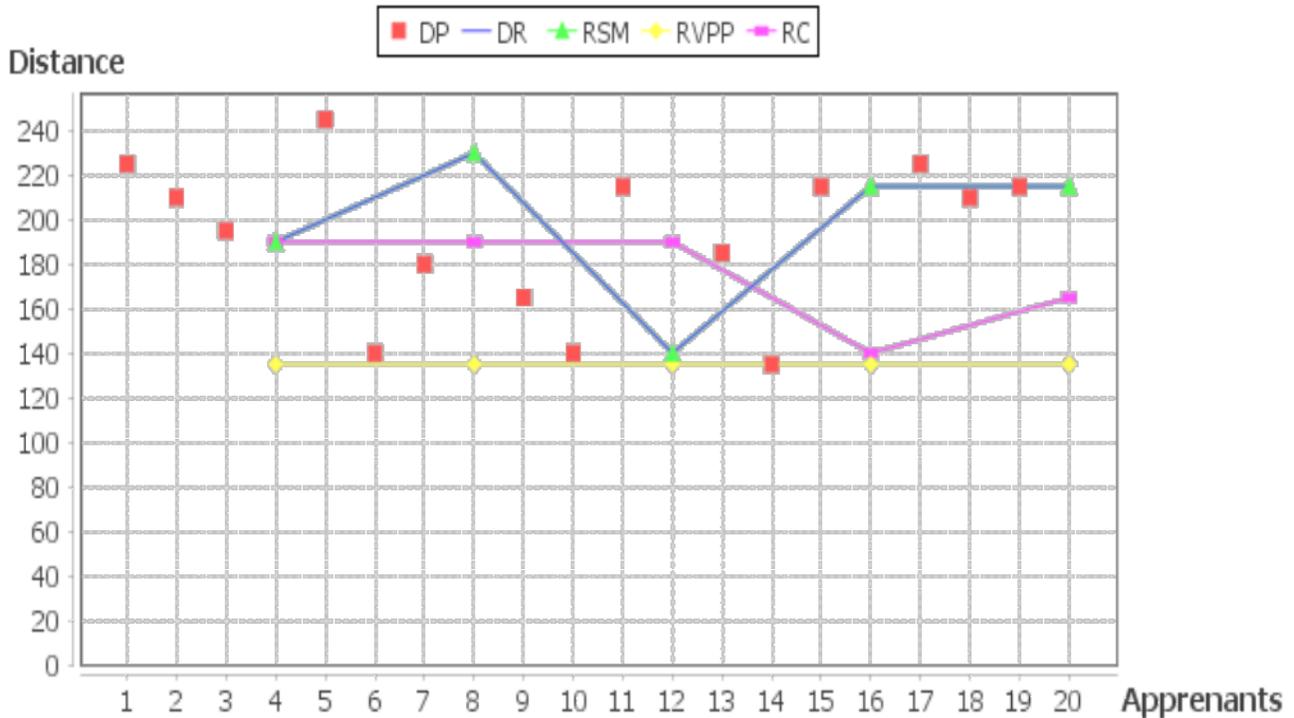


Figure 42: Comparaison entre la RSM, la RVPP et la RC en fonction de la distance des parcours recommandée aux apprenants.

La figure 42 montre les distances parcourues par chacun des 20 apprenants. Les courbes jaune, violette et bleue indiquent les distances calculées lorsque l'apprenant suit les parcours recommandés respectivement par la RVPP, la RC et la RSM. Les points rouges correspondent aux étudiants qui n'ont suivie aucune de ces stratégies. Ces distances sont déduites à partir des chemins construits grâce aux transitions entre les POIs effectuées en utilisation l'équation (5). Notre simulateur permet d'introduire les valeurs des paramètres α , β , γ , θ , μ et ω de cette équation ainsi que le taux d'acceptation des recommandation pour fournir aux nouveaux apprenants les chemins correspondants aux trois techniques de recommandation décrites précédemment (la RSM, la RVPP et la RC).

Pour mémoire, dans l'ensemble des tests de notre simulateur,

- (1) la RSM utilise ces valeurs [$\alpha=1, \beta=0, \gamma=0, \theta=0, \mu=0$ et $\omega=0$],
- (2) la RVPP correspond à cette combinaison des paramètres [$\alpha=0, \beta=0, \gamma=1, \theta=0, \mu=0$ et $\omega=0$] et
- (3) la RC se base sur ce réglage des variables [$\alpha=1, \beta=0, \gamma=1, \theta=1, \mu=0$ et $\omega=0$].

Une analyse plus représentative nécessiterait une plus grande quantité de donnée mais nous remarquons globalement à travers ce graphique que les distances recommandées par la RC (la courbe violette) se situent entre les distances recommandées par la RVPP (la courbe jaune de la figure 42) et la RSM (la courbe bleue). Ces trois variantes de recommandation basées sur la distance parcourue par les apprenants permettent de mettre en place une orchestration adaptée à la localisation de l'apprenant.

La figure suivante nous montre le déroulement des interactions avec les apprenants et la synthèse des recommandations. Cette séquence nous permet de comparer les 3 modes RSM, RVPP et RC grâce aux moyennes et écart type des distances parcourues pour les 20 apprenants.

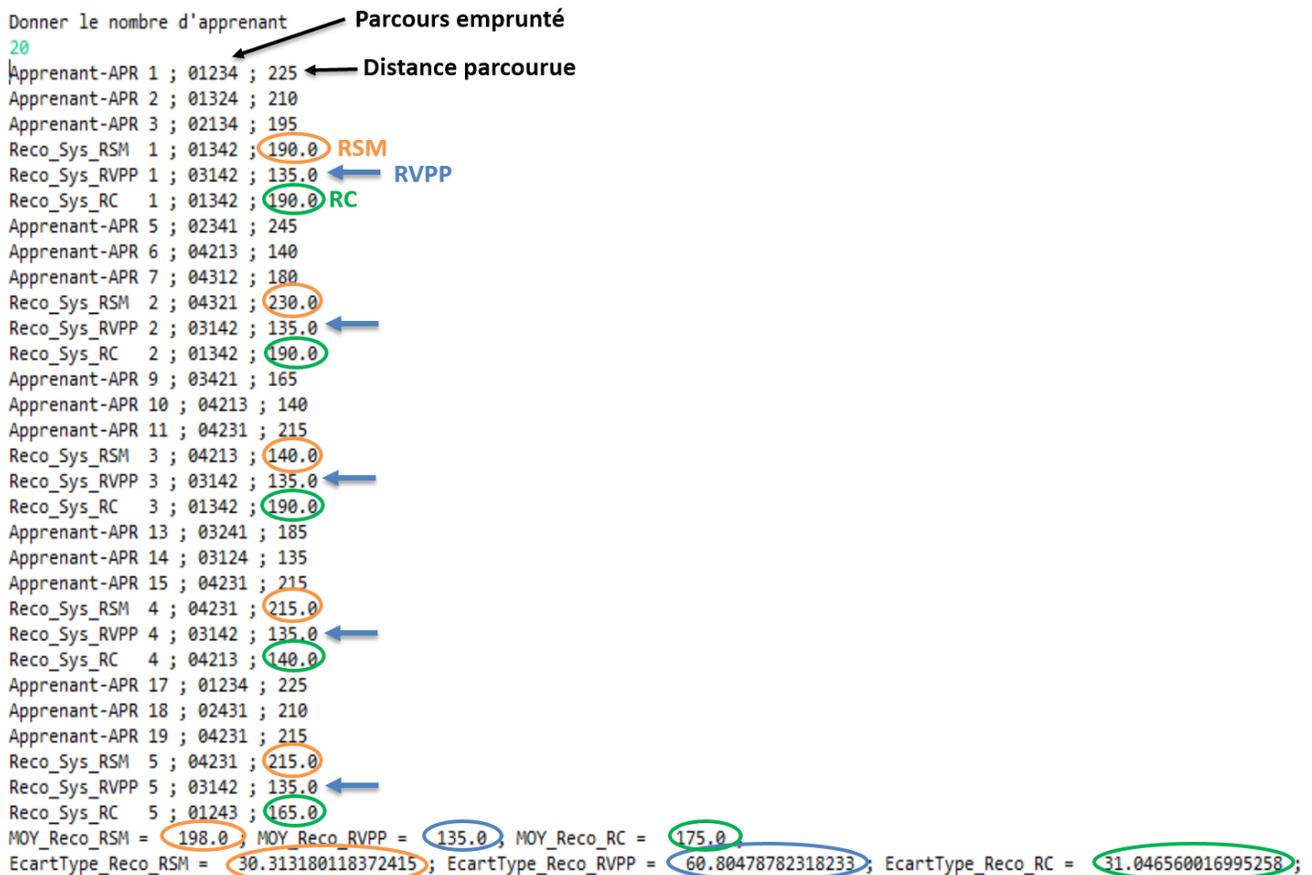


Figure 43: Capture d'écran du simulateur permettant le calcul de la moyenne et de l'écart type relatifs aux trois types de recommandation en fonction de la distance parcourue par les apprenants

Dans cette figure 43, le simulateur recommande un chemin à visiter sur la base des trois choix de chemins empruntés par les apprenants (taux d'acceptation de la recommandation = 75%). Nous voyons dans cet exemple que l'apprenant 4 se voit recommander les parcours : (1) 0-1-3-4-2 à l'aide de la RSM, (2) 0-3-1-4-2 avec la RVPP et (3) 0-1-3-4-2 grâce à la RC. Ces parcours sont calculés sur la base des choix précédents faits par les apprenants 1, 2 et 3.

Dans cette figure, nous constatons que la RVPP (flèche bleue) recommande toujours un chemin plus court que la RSM (cercle orange) et la RC (cercle vert). Ce chemin « 0-3-1-4-2 » correspond aux différents sauts de POIs déduits à partir de la matrice de voisinage des POIs. A partir de cette capture d'écran du simulateur, nous remarquons que la moyenne des RC (cercle vert) est plus grande que la moyenne des RVPP (cercle bleu) et moins petite que la moyenne des RSM (cercle orange). D'autre part, la figure 43 indique que la RSM présente un écart type plus réduit que celui de la RVPP et de la RC.

Après l'examen des paramètres de notre simulateur, nous constatons que :

- a) la RVPP est trop rigide car elle recommande toujours la même distance (le même chemin) pour chaque apprenant. Ce type de recommandation dépend seulement de la matrice de voisinage des POIs et ignore toute forme de collaboration entre les apprenants.
- b) la RSM présente plus d'intérêt que la RVPP d'un point de vue pédagogique car elle permet de favoriser le choix des chemins trouvés par la majorité des apprenants. Cette technique présente le plus petit écart type par rapport à la RVPP et la RC mais elle correspond à la moyenne des distances recommandées la plus élevée.
- c) la RC peut être considérée comme une solution intéressante car elle permet de recommander le chemin le plus optimal choisi par la majorité des apprenants. Ce style de recommandation permet d'intégrer la collaboration implicite entre les apprenants tout en présentant une bonne moyenne des distances recommandées et un écart type acceptable.

V.6.2.Simulation de la recommandation selon la pédagogie de l'instructeur

Dans ce type de recommandation, nous nous intéressons à une solution choisie par l'instructeur et approuvée par les apprenants. Par conséquent, nous choisissons parmi les chemins pertinents pour l'apprentissage celui qui semble être le plus fréquenté par les utilisateurs. Pour atteindre cet objectif, nous nous basons sur l'attribution des valeurs aux variables α , β , θ , γ , μ et ω de la formule 5 pour le calcul des règles de transitions entre les POIs. Nous ignorons le voisinage des POIs et la durée de la visite (en supposant que $\gamma = \omega = 0$) car ces deux contraintes n'interviennent pas dans le cadre de la recommandation selon la pédagogie de l'instructeur. La combinaison des valeurs des variables α , β , θ permettent de définir trois classes de recommandation principales [3] [5] :

- a) la **RSM (Recommandation de la Solution Majoritaire)** : ce type de recommandation s'intéresse aux poids des arêtes de transition (la matrice de représentativité des parcours) qui s'incrémentent à chaque fois qu'un utilisateur se déplace d'un POI vers un autre. Pour cette raison, la matrice PR est calculée à partir de la formule 5 en utilisant les paramètres suivants : $\alpha=1$, $\beta=0$, $\theta=0$, $\gamma=0$, $\mu=0$ et $\omega=0$.

- b) la RP (Recommandation Pédagogique) : cette recommandation se base essentiellement sur le graphe d'exécution des activités liées au scénario pédagogique. Ce graphe permet de calculer des transitions entre les différents POIs en fonction de l'avancement de l'apprenant dans la visite. Les valeurs de la matrice PR dans ce cas correspondent aux paramètres suivants : $\alpha=0$, $\beta=1$, $\theta=0$, $\gamma=0$, $\mu=0$ et $\omega=0$.
- c) la RC (Recommandation Collaborative) : cette variante de recommandation utilise les valeurs de la matrice PH déduites à partir de la collaboration implicite des apprenants pour améliorer le rapprochement entre les chemins recommandés et les différents chemins prévus par l'enseignant. Elle doit aussi intégrer la matrice de représentativité des parcours ainsi que la matrice de la pédagogie de l'instructeur. Pour prendre en compte ces aspects, nous utilisons les paramètres suivants : $\alpha=1$, $\beta=1$, $\theta=1$, $\gamma=0$, $\mu=0$ et $\omega=0$.

Notre outil permet de simuler les résultats obtenus à partir de ces trois types de recommandations (RSM, RP et RC) afin de les comparer entre elles en mesurant l'écart entre les chemins recommandés et les chemins prévus par l'instructeur. Cet écart au sens de la distance de Hamming est utilisé pour évaluer la pertinence pédagogique d'une recommandation donnée (voir la formule 8). Dans la figure 44, nous utilisons cette mesure pour mener une série de tests à l'aide de notre simulateur destinés à examiner l'efficacité des recommandations décrites précédemment.

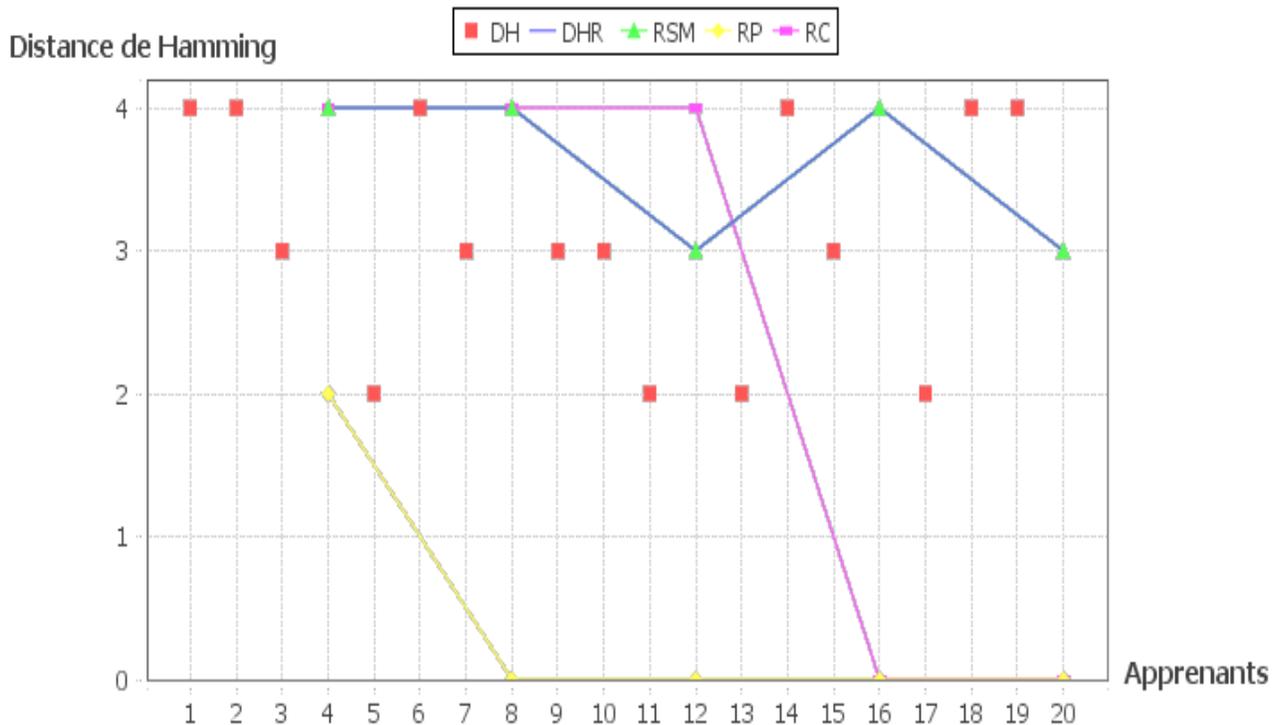


Figure 44: Comparaison des recommandations RSM, RP et RC en fonction de la distance de Hamming.

Dans un premier temps, nous remarquons que la RSM s'adapte peu à nos besoins d'apprentissage (respect des objectifs pédagogiques de la visite) car elle est très influencée par le comportement libre des apprenants. Dans un second temps, nous constatons que la RP recommande des chemins proches de ceux prévus par l'instructeur. Cependant, ce type de recommandation est trop orienté par la pédagogie de l'enseignant. En dernier lieu, nous montrons que la RC varie en fonction de la collaboration entre les apprenants. En effet, cette technique permet tantôt de réduire l'écart entre les chemins recommandés aux apprenants et les chemins prévus par l'enseignant et tantôt d'augmenter cet écart comme c'est indiqué dans la figure 44. Grâce à notre simulateur, nous pouvons penser dans le cadre de notre travail que la RC permet de fournir une solution meilleure que la solution proposée par la majorité des apprenants (RSM) et plus proche de la solution exigée par l'enseignant (RP). Dans ce qui suit, la figure 45 permet de comparer la RSM, la RP et la RC en se basant sur les valeurs des distances de Hamming recommandés par notre simulateur.

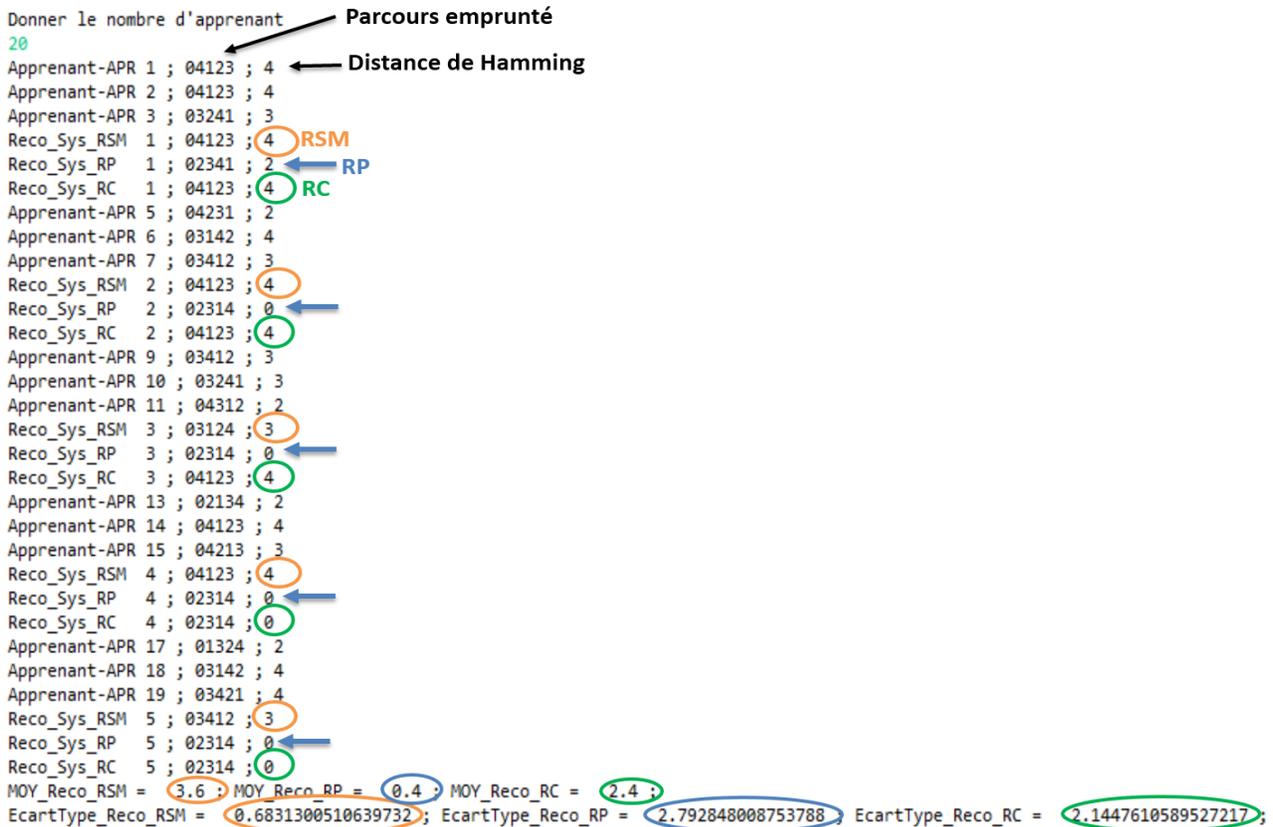


Figure 45: Capture d'écran du simulateur décrivant les paramètres relatifs aux trois types de recommandation

Dans la figure 45, nous remarquons que la RP présente la moyenne des distances de Hamming la moins élevée. Par conséquent, ce style de recommandation permet le meilleur rapprochement entre les chemins recommandés par le système et les parcours prévus par l'instructeur.

D'autre part, nous constatons que la RSM permet d'avoir l'écart type le moins élevé ce qui garantit moins de dispersion entre les chemins empruntés par les apprenants et les chemins recommandés.

Dans ce contexte, la RC représente une solution intermédiaire entre la RSM et la RP (moyenne proche de celle de la RP et un écart type proche de celui de la RSM).

V.6.3.Simulation de la recommandation selon le score des apprenants

Cette technique se base sur les scores obtenus par les apprenants pour recommander des parcours à suivre pendant la sortie pédagogique. Par conséquent, nous choisissons parmi les chemins déjà parcourus le chemin correspondant au score le plus élevé. Pour atteindre cet objectif, nous nous basons sur la combinaison des valeurs des variables α , μ , θ pour définir trois classes de recommandations [3] [5] :

a) la **RSM (Recommandation de la Solution Majoritaire)** : cette technique utilise la formule 5 avec les paramètres suivants ($\alpha=1$, $\beta =0$, $\theta= 0$, $\gamma=0$, $\mu=0$ et $\omega=0$) afin d'intégrer la matrice de représentativité des parcours pour recommander le chemin correspondant au score obtenu par la majorité des apprenants.

b) la **RP (Recommandation Pédagogique)** : cette recommandation se base sur les scores obtenus par les apprenants après le déroulement de la sortie. Pour cette raison, la matrice S qui correspond à la pédagogie de l'instructeur contient les scores des apprenants et les valeurs de la matrice PR correspondent aux paramètres suivants : $\alpha=0$, $\beta =0$, $\theta= 0$, $\gamma=0$, $\mu=1$ et $\omega=0$.

c) la **RC (Recommandation Collaborative)** : dans ce cas, nous utilisons (1) la matrice collaborative (PH), (2) la matrice de représentativité des parcours (P) et (3) la matrice de la pédagogie de l'instructeur (S) pour recommander les transitions correspondantes aux chemins les plus fréquentés associés aux scores les plus élevés. Pour atteindre ces objectifs, nous utilisons les paramètres suivants: $\alpha=1$, $\beta =0$, $\theta= 1$, $\gamma=0$, $\mu=1$ et $\omega=0$.

Dans la figure 46, nous menons une série de tests à l'aide de notre simulateur destinés à examiner l'efficacité des recommandations décrites précédemment en se basant sur le nombre d'apprenants, les valeurs des scores et les chemins associés.

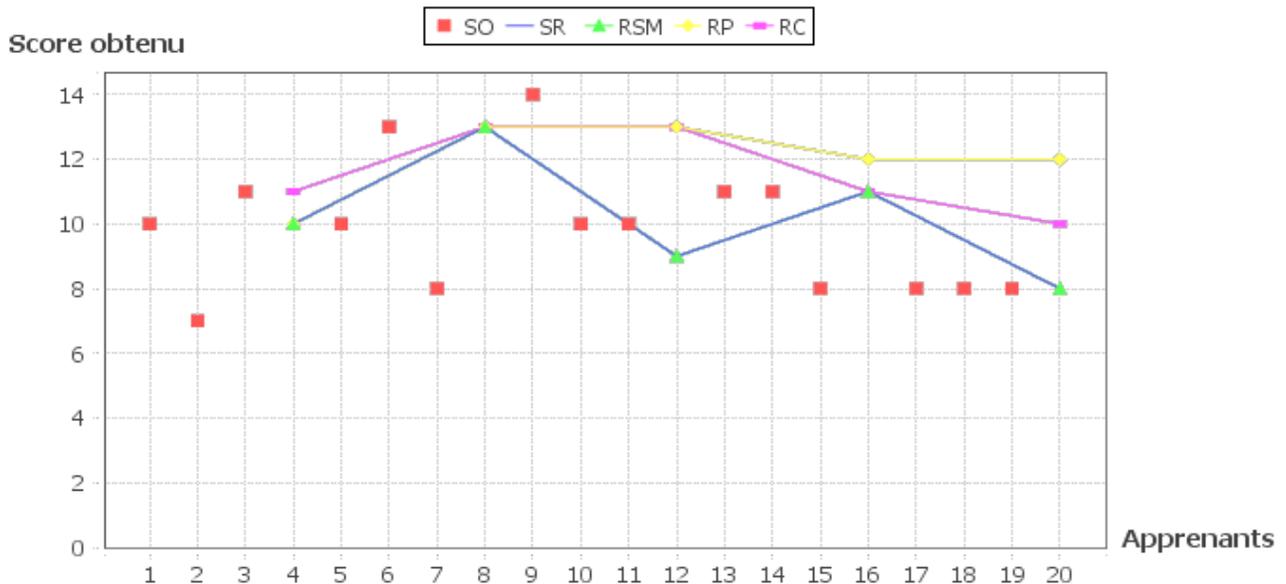


Figure 46: Comparaison de la RSM, la RP et la RC en fonction des scores obtenus

Dans la figure 46, nous remarquons que la RSM varie en fonction des scores obtenus par les apprenants. Ensuite, nous constatons que la RP recommande les chemins associés aux meilleurs

scores enregistrés pendant la visite. Enfin, nous soulignons que la RC permet de fournir une solution meilleure que la solution proposée par la RSM et plus proche de la RP. Dans ce qui suit, la figure 47 permet de comparer la RSM, la RP et la RC en se basant sur les scores recommandés par notre simulateur.

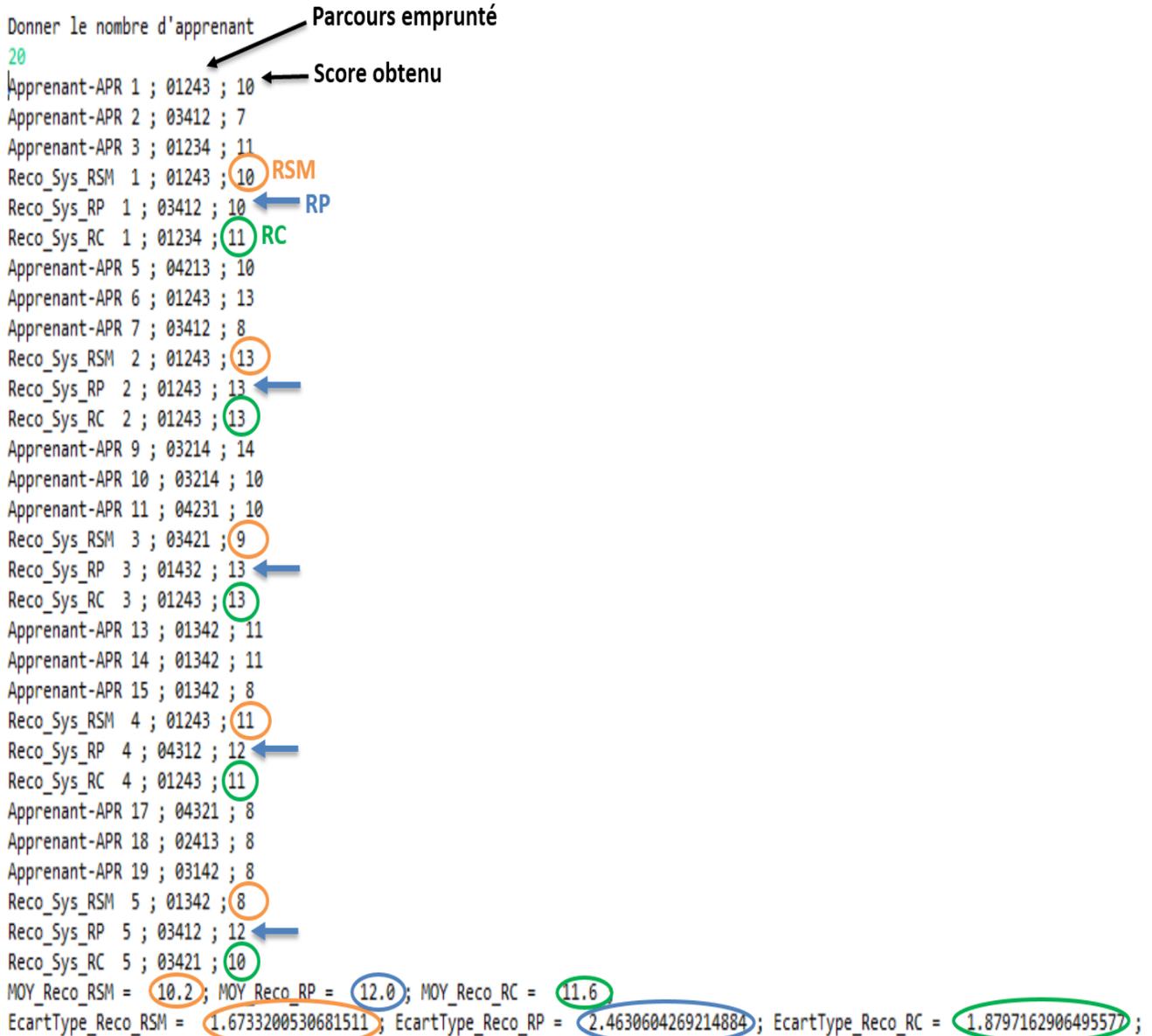


Figure 47: Capture d'écran du simulateur décrivant les paramètres relatifs aux trois types de recommandation

Dans la figure 47, nous remarquons que la RP présente la moyenne des scores la plus élevée. Par conséquent, cette technique permet de recommander le meilleur score obtenu par les apprenants. D'autre part, nous constatons que la RSM permet d'avoir l'écart type le moins élevé et que la RC représente une solution intermédiaire entre la RSM et la RP.

V.6.4.Synthèse

Dans ce qui suit, le tableau permet de présenter les différents styles de recommandation décrit précédemment selon leurs critères d'optimisation, les valeurs introduites par le chercheur et les différents types de chemin recommandés.

Tableau 17: Synthèse des résultats de simulation

Modèle simulé	Critère d'optimisation	Valeurs des paramètres d'entrée	Résultats de la recommandation
Recommandation selon le voisinage des POIs	Distance parcourue par les apprenants	RSM ($\alpha=1, \beta=0, \gamma=0, \theta=0, \mu=0, \omega=0$)	Chemin relatif à la distance parcourue par la majorité
		RVPP ($\alpha=0, \beta=0, \gamma=1, \theta=0, \mu=0, \omega=0$)	Le plus court chemin à partir d'un POI de départ.
		RC ($\alpha=1, \beta=0, \gamma=1, \theta=1, \mu=0, \omega=0$)	Le chemin le plus court choisi par la majorité des apprenants
Recommandation selon la pédagogie de l'instructeur	Ecart DH entre les chemins prévus par l'instructeur et les chemins empruntés par les apprenants	RSM ($\alpha=1, \beta=0, \theta=0, \gamma=0, \mu=0, \omega=0$)	Chemin relatif à l'écart DH enregistré par la majorité des apprenants
		RP ($\alpha=0, \beta=1, \theta=0, \gamma=0, \mu=0, \omega=0$)	Un des chemins prévus par l'instructeur
		RC ($\alpha=1, \beta=1, \theta=1, \gamma=0, \mu=0, \omega=0$)	Le chemin relatif à l'écart DH le plus faible enregistré par la majorité
Recommandation selon le score des apprenants	Score obtenu par les apprenants à la fin de la visite	RSM ($\alpha=1, \beta=0, \theta=0, \gamma=0, \mu=0, \omega=0$)	Chemin correspondant au score enregistré par la majorité des apprenants
		RP ($\alpha=0, \beta=0, \theta=0, \gamma=0, \mu=1, \omega=0$)	Le chemin correspondant au score maximum enregistré par les apprenants
		RC ($\alpha=1, \beta=0, \theta=1, \gamma=0, \mu=1, \omega=0$)	Le chemin correspondant au score maximum enregistré par la majorité des apprenants.

V.7. Conclusion du chapitre V

Après avoir présenté ces trois catégories d'orchestration des activités d'apprentissage mobile (recommandation selon le voisinage des POIs, selon la pédagogie de l'instructeur et selon le score des apprenants), nous constatons que nous pouvons définir plusieurs styles de comportement des apprenants. Cependant, chaque style s'adapte à une situation d'apprentissage particulière. Par exemple, la recommandation selon le voisinage des POIs peut être utilisée dans un scénario d'apprentissage où les objectifs pédagogiques ne sont pas connus pendant la phase de planification de la visite. La recommandation des POIs selon la pédagogie de l'instructeur ou les scores obtenus par les apprenants trouve tout son intérêt dans le cas où les objectifs de la sortie pédagogique sont formellement définis.

Dans ce contexte, notre simulateur permet d'évaluer l'influence des différents paramètres de recommandation de POIs sur l'orchestration des activités d'apprentissage mobile. La complexité du scénario d'apprentissage mobile mêlant les contraintes de formation avec l'autonomie et la collaboration entre apprenants peut difficilement être approchée uniquement avec notre outil de simulation sans analyse de situations réelles.

Pour compléter ces résultats, nous proposons dans le chapitre suivant l'implémentation de deux prototypes intégrant ces différentes variantes de recommandation avec une analyse des résultats d'expérimentation issus d'une sortie pédagogique (découverte de campus).

Chapitre VI. Implémentation et expérimentations

VI.1. Introduction

Dans le chapitre précédent, nous avons proposé un simulateur du comportement des apprenants qui supporte différents types de recommandation. Cet outil est capable de prendre en compte des paramètres comme le nombre d'apprenant, le type de recommandation à utiliser, le taux d'acceptation, etc. dans le but de comparer les différentes approches de recommandations entre elles. Cependant, seule l'implémentation des styles de recommandation permet d'approcher le comportement réel des apprenants. Pour atteindre cet objectif, nous avons mis en place un environnement d'apprentissage mobile qui permet de faire une orchestration automatique des ressources et des activités en fonction de la localisation et la collaboration des apprenants.

Dans ce chapitre, la validation de cet environnement passe par l'expérimentation de deux prototypes relatifs à deux modes de visites (réelle et virtuelle) destinés à faciliter la découverte du campus universitaire « Oulad Fares » de Chlef. Après avoir décrit les différents développements et expérimentations, nous analyserons quelques résultats issus des enquêtes de satisfaction des utilisateurs.

VI.2. Implémentation du système

Dans le cadre de cette thèse, nous définissons un système d'apprentissage appelé SAMSSP (Système d'Apprentissage Mobile dans des Situations de Sortie Pédagogique). Ce système est un Framework destiné à implémenter des scénarios de type sortie pédagogique en se basant sur l'intégration des activités d'apprentissage dans des POIs que nous pouvons localiser à l'aide du GPS et visualiser sur un support cartographique comme Google Maps.

Dans cette section, nous présentons SAMSSP comme un environnement qui permet d’orchestrer les activités d’apprentissage mobile dans le cadre d’une visite décrite par l’instructeur pendant la phase de planification. Cet environnement vise à assister les apprenants pendant le déroulement du scénario de formation en leur fournissant des ressources à lire et des activités à réaliser afin de leur garantir un apprentissage avec des objectifs formels. Par conséquent, ce prototype utilise les technologies mobiles que nous pouvons trouver dans un Smartphone pour exploiter le contexte de localisation de l’apprenant (sa position et son choix du POI de départ) ainsi que son intérêt (ses préférences) afin de sélectionner l’ensemble des POIs susceptibles de l’intéresser. Ensuite, nous pouvons recommander un parcours personnalisé pour chaque apprenant en fonction des contraintes pédagogiques définies par l’instructeur et/ou des scores obtenus par les participants à la visite. Ces deux phases (la sélection selon profil et la recommandation selon la pédagogie et/ou le score) permettent de fournir aux apprenants de façon dynamique les ressources et les activités nécessaires à leurs apprentissages (voir la figure 48).

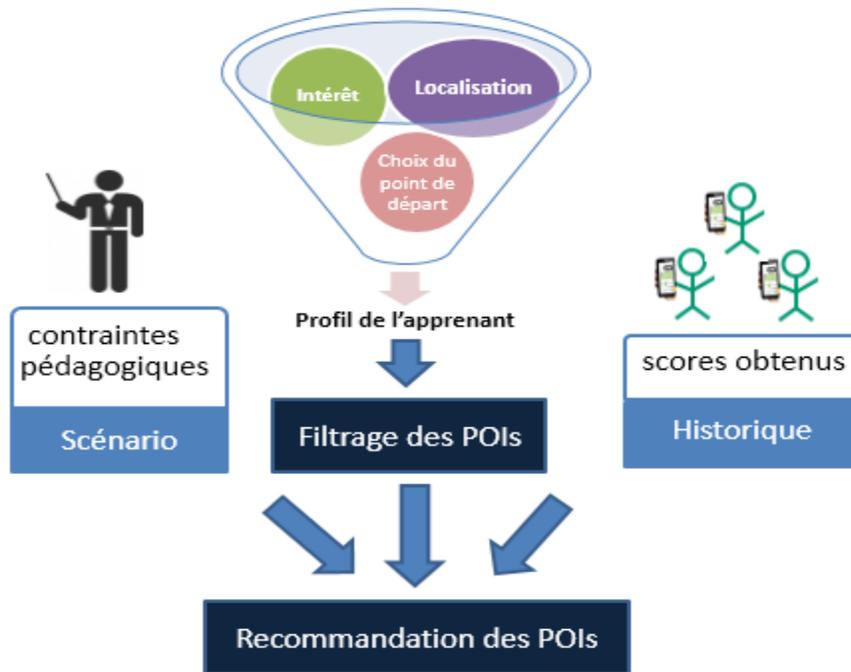


Figure 48: Les phases relatives à l'orchestration du scénario d'apprentissage mobile

Dans un premier temps, l’apprenant peut visiter les POIs ajoutés par l’instructeur lors de la phase de planification pour consulter les ressources suggérées et les activités proposées dans le cadre de la sortie pédagogique. Dans un second temps, tous les participants à ce dispositif de formation peuvent enrichir le scénario d’apprentissage mobile en ajoutant des commentaires concernant les ressources ou les activités associées aux POIs. D’autre part, l’apprenant peut devenir un expert d’une zone de visite ou d’un POI particulier en fonctions de son potentiel de contribution et de son degré d’interaction pendant le déroulement de la visite. Les experts peuvent créer des groupes selon leurs différents domaines d’expertise et peuvent alimenter leurs espaces de travail par de nouvelles ressources ou activités qui concernent un ou plusieurs POIs.

Pour atteindre ces objectifs, notre prototype permet aux apprenants d’interagir entre eux à l’aide des commentaires, par le classement de l’intérêt des POIs, l’enrichissement des ressources relatives aux POIs existants, la prise de photo relative aux différents POIs, l’enregistrement de vidéo explicative, etc. L’instructeur ou l’orchestrateur de l’apprentissage peut créer des comptes d’expert sur la base des demandes des apprenants. La figure 49 présente le diagramme des différents cas d’utilisation associés au système SAMSSP.

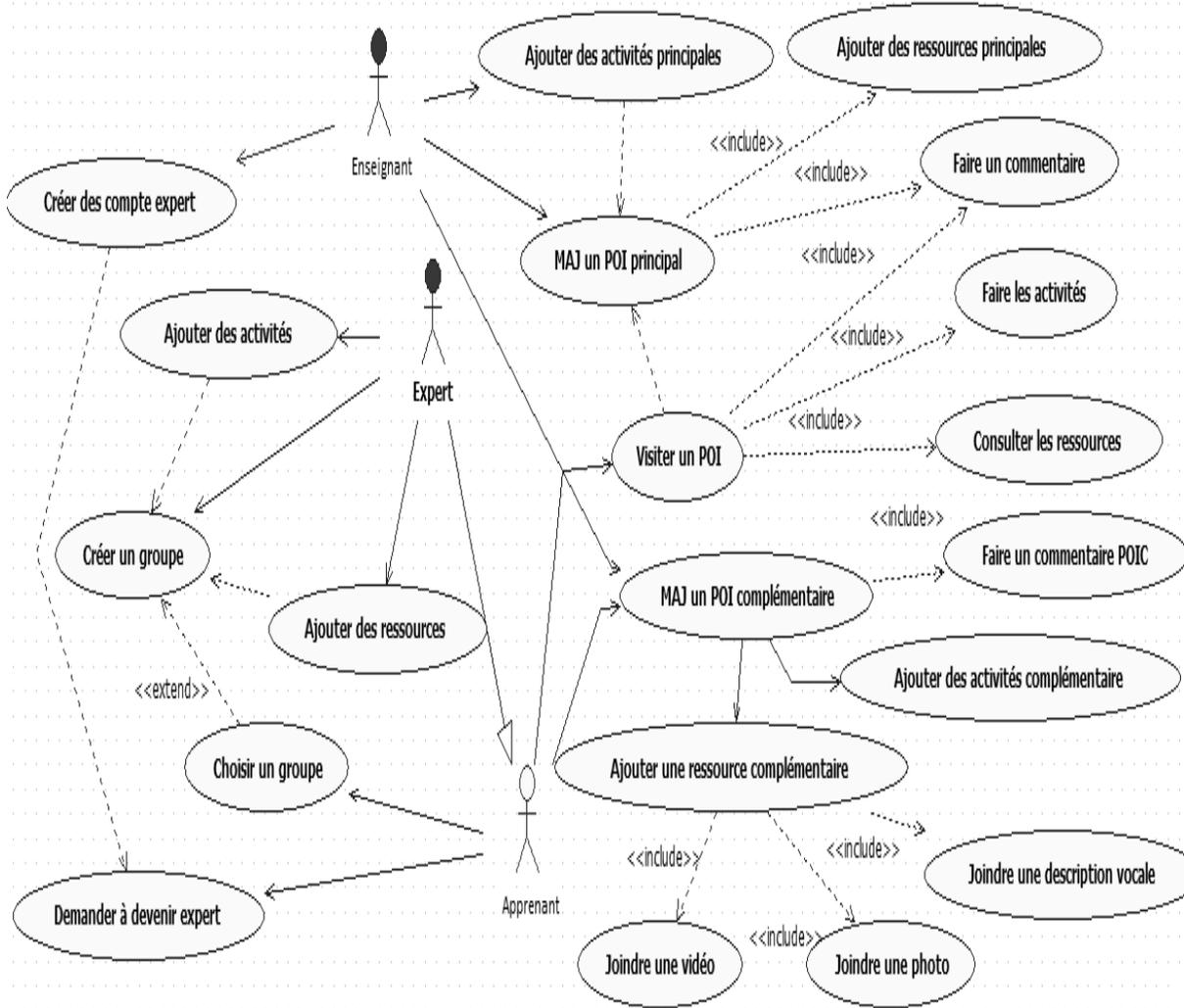


Figure 49: Diagramme des cas d'utilisation de notre prototype.

Dans la figure 49, les utilisateurs de notre système (apprenant, expert, orchestrateur, visiteur) peuvent enrichir la base de données pendant la visite grâce aux différentes mises à jour effectuées à partir de leurs Smartphones. En effet, les activités d’apprentissage mobile sont fortement liées à la localisation géographique de l’apprenant et à l’historique de la visite. Par conséquent, la sauvegarde des traces relatives aux différents parcours effectués par les visiteurs ainsi que sur les scores obtenus peuvent améliorer la qualité pédagogique de la recommandation des POIs. La figure 50 montre le diagramme de classe UML relatif à notre prototype SAMSSP :

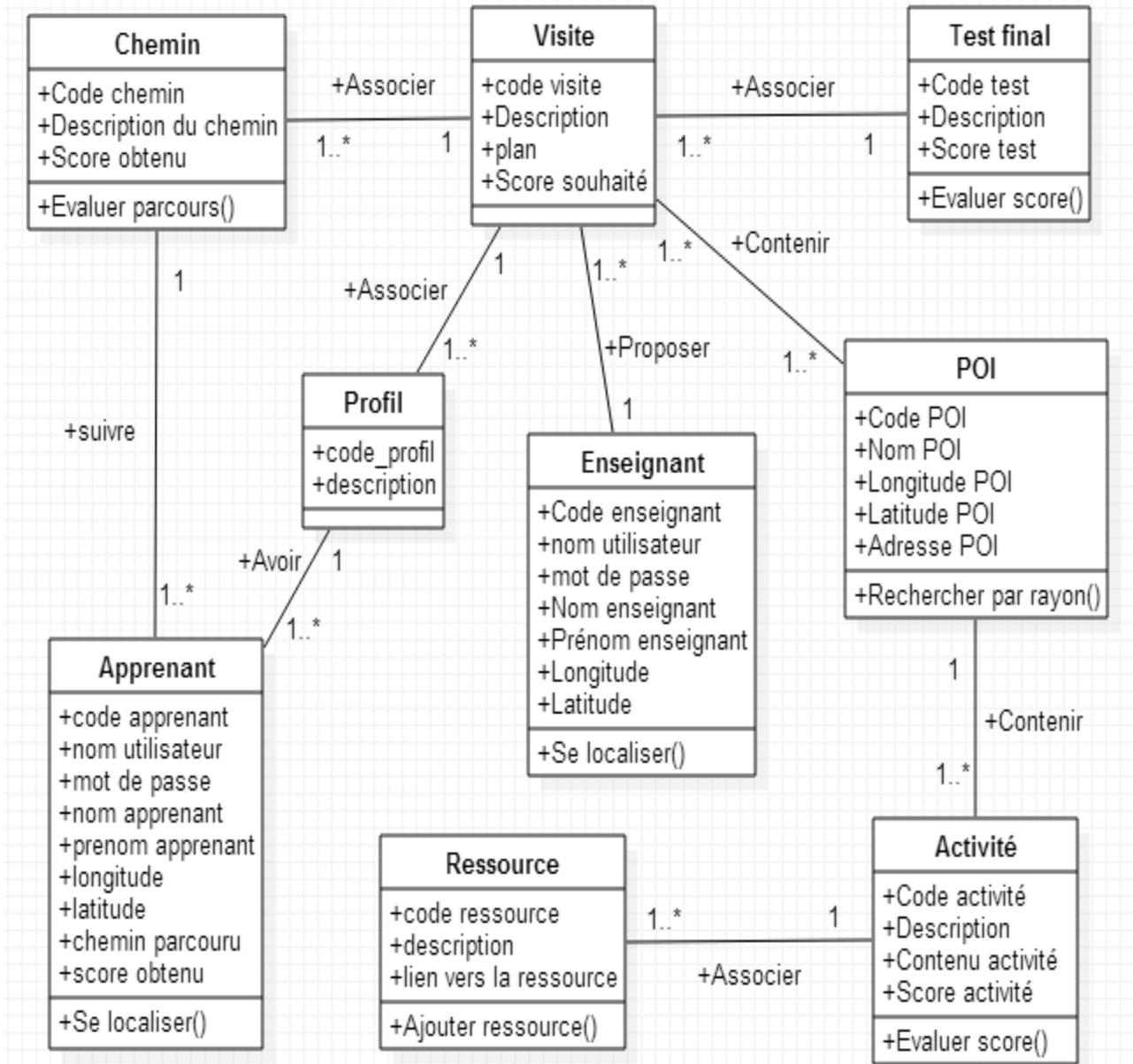


Figure 50: Diagramme des classes de notre prototype.

L'architecture du système SAMSSP utilise des services Web REST basés sur les méthodes Http (GET, POST, PUT et DELETE) ainsi que sur le format JSON pour l'échange entre le serveur et le Smartphone. A l'aide du support de Google Maps, l'utilisation de la base de données décrite dans la figure 50 permet d'afficher plusieurs informations concernant les POIs sur le Smartphone. Dans ce qui suit, la figure 51 décrit l'architecture associée au système SAMSSP.

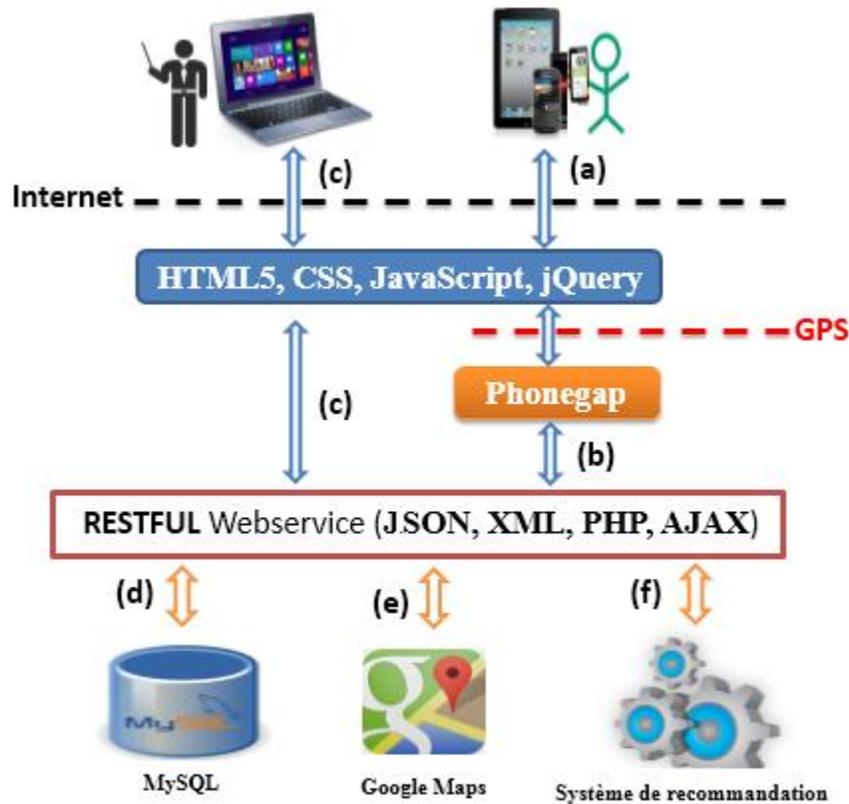


Figure 51: L'architecture technique de notre système SAMSSP

Le système SAMSSP permet de prendre en compte deux types d'interfaces : une interface pour les PCs disposant d'une connexion internet et une autre interface destinée aux Smartphones équipés du GPS et d'internet. Ce prototype est une application web qui utilise HTML5, CSS, JavaScript, jQuery ainsi que sur l'API Google Maps V3²⁶. Cependant, les fonctionnalités des Smartphones comme la caméra, le vibreur, la localisation GPS, etc. sont des fonctions natives et dépendent fortement du système d'exploitation du Smartphone. Pour résoudre ce problème, nous utilisons le Framework PhoneGap²⁷ pour créer des applications mobiles hybrides (voir annexe II) pour les différentes plateformes (Android, IOS, Windows Phone...). Par exemple, pour prendre une photo, nous utilisons la fonction JavaScript « camera.getPicture() » dans une page HTML et le Framework PhoneGap se chargera d'utiliser la bonne ligne de commande en langage natif selon du système d'exploitation du Smartphone. Au niveau de notre serveur WEB, toutes les données sont stockées dans une base de données de type MySQL et l'interaction des utilisateurs avec notre système est réalisée par l'intermédiaire des pages Web dynamiques à l'aide du langage PHP et des scripts Java. L'algorithme décrit dans le chapitre V qui permet la recommandation bio-inspiré des POIs a été codé en Java 1.7 et il peut être invoqué à partir du serveur Apache via un service Web.

²⁶ <https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/>

²⁷ <http://docs.phonegap.com/en/edge/>

Dans la figure 51, (a) et (b) permettent à chaque utilisateur de Smartphone d'intégrer les différents paramètres liés aux apprenants et de récupérer les coordonnées GPS des POIs grâce à l'API Phonegap²⁸. Ensuite, ces coordonnées sont intégrées dans le support de Google Maps grâce à (e). L'orchestration des activités d'apprentissage mobile utilise le système de recommandation des POIs accessible à partir de (f). Ce système est paramétré par l'instructeur via internet en utilisant l'interface web (c) basé sur HTML5, CSS, JavaScript, jQuery ainsi que sur l'API Google Maps V3²⁹. Pour répondre aux besoins d'intégration des positions des POIs dans notre scénario, l'instructeur utilise les interfaces (a) et (b) qui permettent d'accéder à PhoneGap. Les traces des interactions des apprenants sont sauvegardées dans la base de données grâce à (d).

Le système SAMSSP permet de recommander des POIs en fonction de : (1) la position de l'apprenant (la matrice de voisinage), (2) la pédagogie de l'instructeur (la matrice scénario), (3) le score des apprenants (la matrice des scores), (4) la représentativité des chemins parcourus (la matrice des poids) et/ou (5) la collaboration pendant la visite (la matrice des phéromones). Cependant, l'instructeur doit paramétrer ce système d'orchestration pour suggérer par exemple : (1) le chemin le plus proche du point de vue de l'enseignant ou le parcours le plus fréquenté par les apprenants ou encore l'ordre des POIs correspondant au score maximal obtenu pendant les visites réalisées. Ce paramétrage dépend de la combinaison des valeurs α , β , θ et γ et ω de la formule 5 du chapitre V. Dans ce qui suit, la figure 52 décrit les différentes matrices que l'instructeur peut intégrer dans le cadre de la recommandation des POIs.

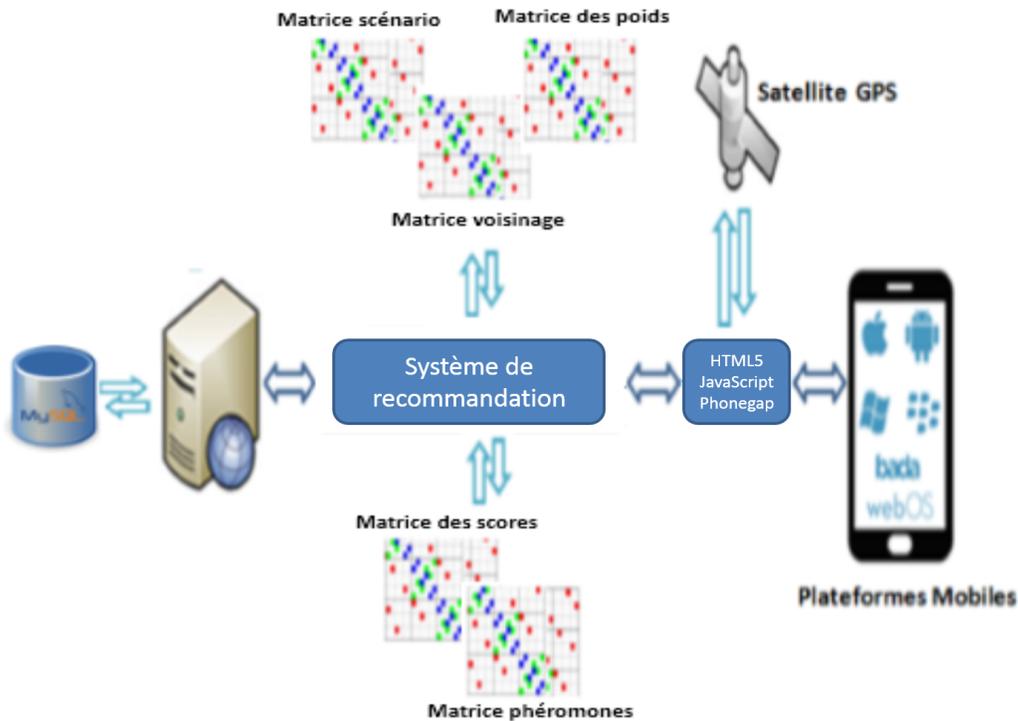


Figure 52: Description du système de recommandation utilisé par notre prototype

²⁸ <http://docs.phonegap.com/en/edge/>

²⁹ <https://developers.google.com/maps/documentation/javascript/>

VI.3. Expérimentation : scénario de visite de campus

Dans le but de valider le système SAMSSP, nous mettons en œuvre un projet de découverte de campus universitaire car c'est un exemple de sortie pédagogique classique qui répond à des objectifs d'apprentissage prévus par l'instructeur.

SAMSSP permet aux apprenants de mieux découvrir les POIs susceptibles de les intéresser dans le cadre de leurs vies universitaires. Dans cette section, nous présentons une expérience destinée à aider les nouveaux bacheliers dans leurs transitions du lycée à l'université en facilitant leurs premiers contacts avec le campus et ses services. Cette étude de cas vise à évaluer le taux d'acceptation des différents types de recommandation et à analyser les résultats du questionnaire de satisfaction (voir annexe IV et V).

Dans ce qui suit, nous décrivons comment les smartphones sont utilisés pendant notre scénario d'apprentissage puis nous expliquons les méthodes d'évaluation des activités en mobilité et enfin nous présentons les principaux résultats de cette expérimentation (les feedbacks des apprenants).

VI.3.1.Scénario de la visite du campus

Pendant la phase de planification de la visite de campus, l'instructeur construit son scénario autour des objectifs suivants :

- (1) Comment se repérer dans le campus ? (connaître les POIs qui permettent aux étudiants de se repérer à l'intérieur du campus)
- (2) Connaître la procédure d'inscription ainsi que les locaux de la formation. (où étudier ?, où s'inscrire ?,...)
- (3) S'intéresser à la vie universitaire au sein du campus (où se loger ?, où manger ?,...)
- (4) Connaître les services offerts par le campus (où retirer son argent ?, où se soigner ?,...)
- (5) Participer à la vie sociale du campus (où faire du sport ?, où se divertir ?,...)

Ensuite, ces objectifs permettent de définir le séquençage des activités que les apprenants doivent réaliser pendant le déroulement de la sortie pédagogique. En effet, l'instructeur peut choisir un ordre de visite des POIs à recommander aux apprenants pour la réalisation de ces activités. Dans un premier temps, l'étudiant commence par 1) se familiariser avec le déplacement dans le campus puis il cherche à 2) connaître les informations concernant ses lieux de formation ensuite il s'intéresse à 3) la vie à l'intérieur du campus. Dans un second temps, notre nouveau bachelier essaye de 4) découvrir les services offerts par le campus ensuite il 5) s'intéresse à la participation à certaines activités de la vie sociale du campus. Ce scénario de sortie pédagogique respecte les objectifs d'apprentissage prévus par l'instructeur afin de permettre aux apprenants de bien se familiariser avec la vie dans le campus. Dans ce qui suit, la figure 53 donne un aperçu sur l'ordre d'exécution des activités d'apprentissage pendant le déroulement de la visite.

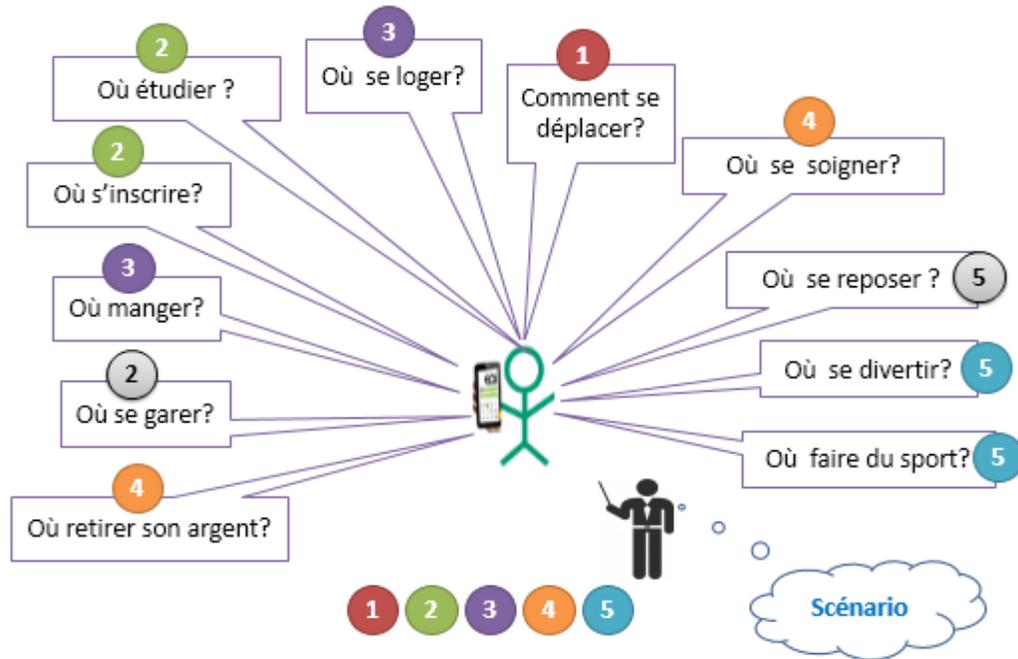


Figure 53: Description de l'ordre de déroulement des activités d'apprentissage prévu par l'instructeur pendant le déroulement de la visite du campus.

Cette sortie pédagogique concerne la visite d'un nombre réduit de points d'intérêt (10 POIs), chacun avec son propre ensemble d'informations et d'activités. Cela nous permet de faire une utilisation simple et directe de notre application car notre dispositif doit être mis à la disposition de tous les bacheliers en intégrant les contraintes d'apprentissage prévues par les enseignants. D'autre part, notre scénario d'apprentissage mobile prend en compte des contraintes géographiques comme par exemple, le fait que l'apprenant se trouve proche de l'entrée principale du campus ou de l'entrée secondaire. Dans ce contexte, nous pouvons définir deux variantes de recommandation des POIs : une recommandation globale et une recommandation locale. La recommandation globale permet de suggérer aux apprenants un chemin qui parcourt l'ensemble des POIs à visiter (un chemin de 10 POIs) alors que la recommandation local propose une simple transition entre le POI actuel (où se trouve l'apprenant) et un autre POI (le POI recommandé par le système). Ces deux techniques peuvent être paramétrées par l'instructeur grâce aux variables α , β , θ , γ et ω afin d'intégrer les matrices P, S, PH, V et T dans le processus de recommandation des POIs selon la formule 5 du chapitre V.

Pour valider le fonctionnement du système SAMSSP et comparer les usages associés à ces deux variantes de recommandation, nous proposons deux types de prototypes de découverte du campus « Oulad Fares » de Chlef : (1) Une visite virtuelle à l'aide du PC connecté à internet et (2) une visite réelle à l'aide de Smartphone basé sur l'utilisation de l'internet et du GPS.

Dans ce qui suit, nous nous focalisons sur l'expérimentation de ces deux variantes de recommandation décrites précédemment dans le cadre de ces deux prototypes.

VI.3.2. Protocoles d'expérimentation

Le but recherché à travers cette implémentation est l'intégration des matrices S, V, P et PH dans notre système de recommandation afin de permettre à l'instructeur de proposer aux apprenants plusieurs variantes de recommandation (RSM, RVPP, RP ou RC) qui sont décrits précédemment dans le chapitre V. Pour atteindre ces objectifs, nous nous basons sur la formule 5 du chapitre V pour le calcul des probabilités PR_{ij} qui permettent de faire des transitions entre le POI_i et le POI_j pendant le déroulement de la sortie pédagogique. Dans le cadre de cette expérimentation, nous nous intéressons à la recommandation des transitions entre POIs relatives au chemin le plus proche correspondant au meilleur score obtenu par la majorité des apprenants. Dans ce contexte, nous proposons deux types d'interfaces : la première permet la recommandation de chemin de 10 POIs (voir la figure 54) et la deuxième suggère des transitions entre deux POIs (voir la figure 55).



Figure 54 : Prototype relatif à la recommandation d'un chemin global de POIs(en rouge) à suivre par l'apprenant dans le cadre de la visite virtuelle du campus.



Figure 55 : Prototype relatif à la recommandation des transitions locales (vers les POIs en étoile jaune) à suivre par l'apprenant dans le cadre de la visite virtuelle du campus.

Afin de tester ces deux styles de recommandations, nous invitons 60 nouveaux bacheliers et 20 enseignants à faire une visite virtuelle du campus à partir de leurs PCs. Ces enseignants n'ont jamais visité ce nouveau campus de « Oulad Fares » car ils travaillent dans l'ancien pôle universitaire de Bocaa (chlef). L'ensemble des participants (enseignants, étudiants) doivent visiter tous les POIs visibles sur la carte et réaliser les activités associées à chacun d'eux avant de passer le test final (voir l'annexe IV) qui permet d'évaluer leurs connaissances. Parmi ces 80 apprenants, 56 étudiants et 15 enseignants ont terminé leurs visites virtuelles du campus (voir l'annexe VI). Ce qui représente un taux d'abandon de 10 %.

A partir de l'historique enregistré après la fin de chaque visite, nous pouvons calculer la moyenne des distances de Hamming entre les chemins parcourus par les apprenants et les chemins recommandés par le système. Cette mesure permet d'évaluer le taux d'acceptation des recommandations relatif aux deux types d'interfaces. Pour atteindre cet objectif, nous avons divisé le nombre d'apprenant en deux. A chaque type d'interface lui correspond 40 apprenants (30 bacheliers + 10 enseignants). Cela nous a permis de mettre en évidence le fait que le taux d'acceptation de la recommandation de transition est plus élevé que le taux d'acceptation de la recommandation de chemin.

D'autre part, environ 77,4 % des participants à la visite virtuelle du campus pensent que ce dispositif leurs a permis d'apprendre beaucoup plus d'informations sur le campus (voir l'annexe VI). Cependant, l'ensemble des apprenants souligne le fait de ne pas avoir une idée précise sur les distances à parcourir dans le campus est un handicap.

Nous avons implémenté un second prototype qui permet de faire la visite réelle du campus à l'aide de smartphone. Le but recherché à travers cette expérimentation est de familiariser les apprenants avec de nouvelles contraintes comme les obstacles du terrain (traverser un pont) ou le repérage des POIs peu visibles pendant la visite. Ces contraintes peuvent surgir pendant le déroulement du processus d'apprentissage mobile. Par conséquent, nous décidons d'expérimenter notre travail par 64 utilisateurs.

Dans le cadre des tests de ce deuxième prototype, les apprenants visitent le campus à l'aide de leurs équipements mobiles (Smartphone 3G ou Tablette) en se basant sur le GPS pour détecter leurs positions pendant la visite et sur internet pour accéder au système de recommandation des POIs. Parmi ces 64 apprenants, seulement 40 étudiants et 9 enseignants ont terminé leurs visites du campus (voir l'annexe VII). Ce qui nous donne un taux d'abandon de 23 %. Nous remarquons que ce taux est plus élevé que celui enregistré pendant la visite virtuelle du campus car les participants à la visite avec des smartphones peuvent abandonner leurs apprentissages à cause des problèmes comme par exemple : un temps de visite plus long, un POI non trouvé, un signal GPS non disponible, etc. Ce genre de problème ne risque pas de se poser dans le cadre d'une visite virtuelle.

D'autre part, afin de tester les deux types d'interface de recommandations (la recommandation de chemin et la recommandation de transition), nous avons divisé le nombre d'apprenant en deux. Par conséquent, nous associons à chaque type d'interface 32 testeurs (25 bacheliers + 7 enseignants). Ces deux interfaces utilisent le même système de recommandation déjà utilisé pendant la visite virtuelle. Cependant, la première interface recommande un chemin global construit grâce aux probabilités de transitions calculées à partir de l'historique de la visite (voir la figure 56) alors que la deuxième suggère seulement un POI selon l'évolution du contexte géographique de l'apprenant et des anciennes visites (voir la figure 57).

A partir de l'historique sauvegardé dans notre base de données, nous pouvons calculer la moyenne des distances de Hamming entre les chemins parcourus par les apprenants et les chemins recommandés par le système. Cette mesure permet d'évaluer le taux d'acceptation de recommandation relatif aux deux types d'interfaces précédemment citées. Comme dans le cas de la visite virtuelle, nous remarquons que le taux d'acceptation de la recommandation de transition est plus élevé que celui de la recommandation de chemin. D'autre part, nous constatons que 95,7 % des participants à la visite du campus pensent que ce dispositif de formation leurs a permis d'apprendre beaucoup plus d'informations sur le campus. En outre, 91,5 % des apprenants recommandent l'apprentissage mobile à d'autres types de sorties pédagogiques (voir l'annexe VII).



Figure 56: Interface relative à la recommandation d'un chemin global pour la sortie pédagogique.

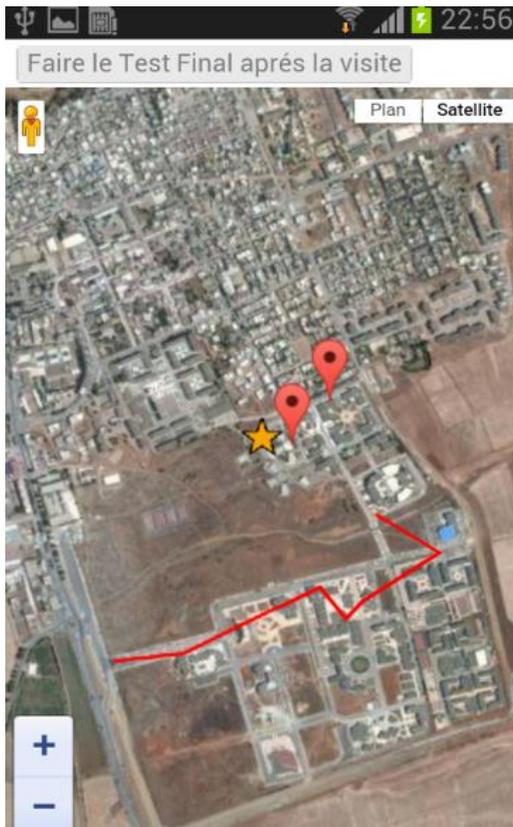


Figure 57: Interface relative à la recommandation de transition entre POIs pendant la sortie pédagogique.

VI.4. Discussions

Les deux prototypes présentés précédemment permettent de faire : 1) des statistiques basées sur l'historique des visites des apprenants 2) l'intégration du score des activités d'apprentissage dans le processus d'orchestration et 3) l'évaluation empirique de l'expérience des utilisateurs grâce aux différentes enquêtes de satisfaction.

Le premier prototype (visite virtuelle) permet aux apprenants de visiter à distance leurs futur campus à partir de leurs PCs alors que le deuxième prototype (visite réelle) utilise des équipements mobiles (smartphones, téléphones GSM ou des tablettes) pour aider les apprenants à mieux découvrir les différents POIs sur le terrain. Le tableau ci-dessous compare les différentes caractéristiques associées à nos deux prototypes :

Tableau 18 : Comparaison entre les deux prototypes de visite du campus.

Caractéristiques	Prototype de visite réelle du campus avec Smartphone (GPS +internet)	Prototype de visite virtuelle du campus avec PC (internet)
Approche centrée sur l'apprenant	Oui	Oui
Prise en compte du contexte de localisation	Oui	Non
Intégration des 3 phases du scénario	Oui	Oui
Prise en charge de l'historique des visites	Oui	Oui
Supporter la collaboration des apprenants	Oui	Oui
Gestion des profils	Non	Oui
Intégration de la pédagogie de l'instructeur	Oui	Oui
Prise en compte des scores des apprenants	Oui	Oui
Nombre de POIs visible pour l'apprenant	Seul les POIs proches de la localisation de l'apprenant sont visibles	Tous les POIs sont visibles sur la carte

Ces deux prototypes utilisent le même système de recommandation qui permet de faire une orchestration des POIs en fonction de la pédagogie de l'instructeur (le score des apprenants), la fréquentation des apprenants et la proximité des POIs (la matrice de voisinage V). En effet, ces deux modes de formation (visite réelle et virtuelle) prennent en compte l'intérêt de l'apprenant (son profil), la localisation du POI où il se trouve et l'historique des visites déjà réalisées par les autres participants. Cependant, il y a une différence entre ces deux prototypes dans la prise en compte du contexte de l'apprenant. En effet, la visite virtuelle se base sur le POI choisi à partir de la carte pour définir l'emplacement actuel de l'utilisateur alors que la visite réelle utilise le GPS pour déterminer les coordonnées géographiques de chaque utilisateur. Malgré cela, notre système de recommandation permet d'intégrer ces deux manières de définir une localisation afin d'orchestrer les activités d'apprentissage mobile. Toutefois, notre système présente des limites pour l'intégration de l'ensemble des contraintes pédagogiques liées au scénario de la visite. En effet, l'instructeur ne peut pas recenser tous les parcours d'apprentissage prévus pendant la phase de planification.

Pour résoudre ce problème, nous avons décidé d'utiliser la recommandation de chemin orienté par le score obtenu par les apprenants. Cependant, nous avons constaté que ce mécanisme de recommandation dépend fortement du taux d'approbation des apprenants. En effet, l'apprenant est libre de suivre la recommandation des POIs de nos deux prototypes de formation ou non. Par conséquent, nous avons intégré le nombre de fréquentation des transitions entre les POIs dans notre processus de recommandation. Dans ce contexte, nous testons et comparons plusieurs variantes de recommandations grâce aux différentes simulations présentées dans le chapitre V. Cependant, nous sommes convaincus qu'il est difficile d'approcher le comportement réel des apprenants pendant le déroulement de la sortie pédagogique. Dans cette perspective, nous avons développé ces deux prototypes pour recommander les POIs les plus proches correspondants au meilleur score choisis par la majorité des apprenants.

D'autre part, l'analyse des traces des visites issues des deux prototypes de visite de campus nous a permis de comparer les différents taux d'acceptation relatifs aux deux types de recommandation (la recommandation globale de chemin et la recommandation locale de transition). Cependant, le problème du démarrage à froid réduit les performances du système SAMSSP pour les nouveaux apprenants. Pour résoudre ce problème, l'instructeur peut intervenir pour faire une première visite afin d'initier le processus de recommandation en suggérant un parcours (ou des transitions) à suivre par les apprenants. Cette solution a été utilisée dans le cadre de nos deux prototypes de découverte de campus (la visite virtuelle et la visite réelle).

Actuellement, les testeurs de nos deux prototypes soulignent la simplicité de l'utilisation de ce mode d'apprentissage mobile et l'utilité des recommandations fournies en temps réel (voir annexe VI et VII). Cependant, ces deux versions de notre système sont encore à l'essai et présentent certaines limites car elles sont testées dans un environnement qui dépend fortement du contexte géographique du campus (la proximité des POIs).

VI.5. Conclusion du chapitre VI

Dans ce chapitre, nous avons présenté un Framework destiné à l'implémentation du système SAMSSP. Ce Framework permet de faire une orchestration dynamique des activités pertinentes pour l'apprentissage en fonction de la localisation de l'apprenant et l'historique de la visite. La logique de nos travaux repose sur une comparaison entre les variantes de recommandation simulées dans le chapitre précédent et la réalité du comportement des apprenants. Ces simulations sont destinées à éclairer les expérimentations de terrain. Toutefois, l'analyse des traces d'activités, les choix faits par les étudiants ainsi que les résultats du contrôle des connaissances permettront d'approfondir le modèle simulé. Par conséquent, ces différentes expérimentations permettent de valider en partie les aspects d'orchestration et d'usage relatifs au système SAMSSP.

Conclusion et perspectives

I. Résumé de nos contributions

Nos travaux de recherche ont porté sur l'étude de l'apprentissage mobile dans des situations de sortie pédagogique. Pour ces situations, nous avons proposé le système d'apprentissage SAMSSP qui prend en compte la mobilité des apprenants, la contextualisation de l'apprentissage et la coopération pendant la visite. Les contributions de cette thèse se concentrent sur les aspects suivants :

I.1. Etat de l'art

Nous avons dressé un état de l'art sur l'orchestration des activités d'apprentissage mobile où les principales techniques utilisées dans ce domaine ont été recensées. Nous avons étudié les architectures représentatives permettant la conception et la mise en œuvre de ces différentes techniques. A travers cette étude, nous avons constaté que les plateformes de type ad hoc peuvent fournir un apprentissage adaptatif selon le contexte dynamique de l'apprenant qui dépend fortement de sa position instantanée. Cependant, la majorité des techniques d'orchestration présentées dans le cadre de cet état de l'art supportent peu les situations imprévues qui peuvent surgir pendant le déroulement du scénario d'apprentissage. Pour approfondir cette question, nous avons exploré d'autres pistes basées sur la recommandation dynamique des POIs pour sélectionner le chemin le plus approprié par rapport aux objectifs associés à la sortie pédagogique. Dans ce contexte, nous avons étudié également la description des scénarios et les formalismes de modélisation. Cependant, nous avons constaté qu'il n'existe aucun modèle complet qui permet aux instructeurs d'ancrer les activités d'apprentissage en fonction de la localisation des apprenants.

I.2. Conception du système SAMSSP

Nous avons conçu le système SAMSSP qui se base sur la notion de POI pour exploiter le contexte de localisation d'un apprenant et afficher les contenus multimédias adaptés à ses attentes. Ce système prend en compte le caractère adaptatif du scénario de la visite des POIs afin de permettre à l'instructeur de guider les apprenants pendant la sortie pédagogique. Ensuite, nous avons mis en place un mécanisme intégré à ce système capable de prendre en compte des dimensions comme le voisinage des POIs, la fréquentation des chemins, la pédagogie de l'enseignant (le scénario pédagogique), le score des apprenants et la collaboration pendant la visite dans le processus d'orchestration. Ce mécanisme permet de recommander des parcours d'apprentissage construits à partir des POIs. Ces chemins représentent des séquences d'activités à réaliser par les apprenants afin d'atteindre les objectifs visés par l'instructeur.

Le système SAMSSP permet l'organisation dynamique (orchestration) de ces activités d'apprentissage pendant le déroulement des sorties pédagogiques. Ce type d'orchestration offre une alternative à l'apprentissage traditionnel (visite assistée par un guide) car elle permet de réduire le coût lié à l'accompagnement des apprenants. En outre, ce système utilise des techniques de recommandation des POIs inspirées de l'intelligence en essaim conciliant les contraintes pédagogiques avec l'autonomie des apprenants.

1.3.Simulation de la recommandation des POIs

Nous avons développé un outil de simulation qui permet de définir plusieurs styles de comportement des apprenants. Cependant, chaque style s'adapte à une situation d'apprentissage particulière. Par exemple, la recommandation selon le voisinage des POIs peut être utilisée pour recommander le POI le plus proche géographiquement par rapport à la position actuelle de l'apprenant. D'autre part, la recommandation selon la pédagogie de l'instructeur recommande les POIs en fonction des objectifs de la sortie pédagogique. Dans ce contexte, cet outil permet d'évaluer l'influence de certains paramètres comme le nombre d'apprenants ou le taux d'acceptation sur les différentes techniques d'orchestration des activités d'apprentissage mobile. Ce type de simulation permet d'associer les contraintes de formation avec l'autonomie et la collaboration entre apprenants pendant le déroulement du scénario d'apprentissage mobile.

1.4.Implémentation du système SAMSSP

Pour valider notre système d'orchestration des activités d'apprentissage mobile, nous avons réalisé un simulateur (voir le chapitre IV) et défini un Framework logiciel nommé SAMSSP (voir le chapitre V). Le simulateur nous a permis de tester les différentes techniques de recommandations susceptibles d'être utilisées pour la prise du contexte des scénarios d'apprentissage mobile alors que les expérimentations nous ont permis de mieux approcher le comportement des apprenants. En effet, l'architecture du système SAMSSP utilise des services Web REST basés sur les méthodes Http (GET, POST, PUT et DELETE) ainsi que sur le format JSON pour l'échange entre le serveur et le Smartphone. Cette architecture permet au système SAMSSP de prendre en compte deux types d'interfaces : une interface pour les PCs disposant d'une connexion internet et une autre interface destinée aux Smartphones équipés du GPS et d'internet. En outre, ce système intègre une interface qui permet à l'instructeur de paramétrer le mécanisme de recommandation en fonction des valeurs α , β , θ et ω de la formule 5 du chapitre V.

1.5.Expérimentation du système SAMSSP

A partir du système SAMSSP, nous avons mis en œuvre deux prototypes de visite du campus universitaire « Oulad Fares » : le premier prototype permet de faire une visite virtuelle du campus tandis que le deuxième est destiné à accompagner les nouveaux bacheliers dans la découverte du campus à l'aide de smartphone. Ces deux prototypes d'apprentissage mobile s'adaptent selon la localisation réelle ou virtuelle de l'apprenant et nous ont permis d'exploiter l'historique des visites des apprenants afin d'intégrer le score des activités d'apprentissage dans le processus d'orchestration.

D'autre part, les enquêtes de satisfaction (voir annexe V) suggérées à la fin du test final (voir l'annexe IV) nous ont permis l'évaluation empirique de l'expérience des utilisateurs. En outre, l'analyse des traces des visites issues de ces deux prototypes nous a permis de comparer les taux d'acceptation relatifs aux différents types de recommandation.

II. Perspectives

Les travaux accomplis jusqu'à présent nous ont permis de construire un SAMSSP. Il reste cependant de nombreux prolongements qui se situent sur les différents axes de nos travaux de recherche. Dans ce qui suit, nous classons nos perspectives en deux :

II.1. Travaux à court terme :

Nos travaux à court terme concernent notamment les futures améliorations de notre simulateur, la validation du système SAMSSP et la définition des futurs protocoles d'expérimentation.

a) Amélioration de notre simulateur

Nous souhaitons expérimenter les différentes techniques de recommandation décrites dans le chapitre V sur des jeux de données réelles de grande taille quant au nombre des utilisateurs et des POIs. Le but de ces expérimentations est de comparer les résultats de la simulation associés à un taux d'acceptation réel des recommandations avec les données collectées pendant la visite. Dans le cadre de cette thèse, nous avons déjà expérimenté la technique de recommandation du plus court chemin correspondant au meilleur score obtenu par la majorité des apprenants grâce à deux groupes d'utilisateurs (71 testeurs de la visite virtuelle et 49 testeurs de la visite réelle du campus). Cependant, ces deux types d'expérimentations ne permettent pas d'affiner notre modèle de simulation. Pour atteindre cet objectif, nous envisageons de tester plusieurs variantes de recommandation des POIs afin de mieux définir les paramètres de simulation.

b) Implémentation du système SAMSSP

Notre système est actuellement en cours d'évaluation et n'implémente pas encore toutes les fonctionnalités de notre modèle (cf. Chapitre IV et V). Malgré ses limites, les testeurs de nos deux prototypes soulignent la simplicité de son utilisation et l'utilité des recommandations fournies en temps réel. Ces deux dispositifs d'apprentissage mobile s'adaptent selon la localisation (réelle ou virtuelle) de l'apprenant et selon l'historique de la visite. Cependant, ces dispositifs souffrent encore du problème de démarrage à froid et présentent des limites dans le recensement des contraintes liées au scénario de la sortie pédagogique pendant la phase de planification. Une nouvelle version de notre outil devrait très prochainement combler ces manques. Plus globalement, nous envisageons d'améliorer notre système SAMSSP selon les axes suivants :

- (1) l'ajout de nouveaux attributs de POI comme le vote des apprenants dans le processus d'orchestration de l'apprentissage (outre les différentes dimensions d'orchestration, ce vote permet de classer les POIs selon leurs popularités).

- (2) le recensement des différents profils d'apprenants existants afin de mieux filtrer l'historique des visites (la recommandation des POIs relatifs aux nouveaux bacheliers peut négliger l'historique des visites effectué par les enseignants).
- (3) le développement des interfaces destinées à prendre en compte le rôle de l'expert tout en mettant en place un processus d'élection parmi les apprenants.
- (4) la mise en place d'une interface « enseignant » destinée à l'introduction des contraintes pédagogiques liées au scénario d'apprentissage mobile.
- (5) l'élaboration d'un tableau de bord qui permet le paramétrage du système de recommandation comme par exemple le fait d'avoir la possibilité d'intégrer les scores des étudiants d'un certain groupe sans les autres.

c) Expérimentation du système SAMSSP

Pour mieux affiner le processus de recommandation du système SAMSSP, de nouvelles expérimentations et des évaluations devraient être faites à chaque rentrée universitaire. La prochaine version de ce système est en cours de construction avec la participation des nouveaux bacheliers et des enseignants. Elle devrait permettre d'ajuster les paramètres relatifs à nos différentes techniques de recommandation en fonction de l'évolution des besoins d'apprentissage de notre scénario. Pour atteindre cet objectif, nous analyserons les évaluations empiriques relatives aux futures expérimentations des deux prototypes réalisés précédemment.

II.2. Travaux à long terme :

Les travaux à long terme concernent les études d'évolution des communautés ou des profils en exploitant les aspects de collaboration entre les apprenants dans le cadre du scénario d'apprentissage mobile. Ces études permettent d'améliorer le système SAMSSP en affinant les recommandations basées sur le filtrage par profil de l'historique des visites.

Nous souhaitons mener des études sur les distributions particulières de probabilités (Poisson, loi de puissance, etc.) pour modéliser les parcours, d'autant que certaines de ces distributions correspondent bien aux fonctionnements en essaims.

Les expérimentations que nous avons réalisées ne sont pas complètes. Des expérimentations et des évaluations devraient être faites après la mise en œuvre du système. La nouvelle version du système SAMSSP devrait permettre l'intégration de plus de contexte pour la recommandation, par exemple, les conditions météorologiques, l'état de l'utilisateur (à pied, en voiture) ainsi que la prise en compte des technologies comme le NFC, RFID, ... pour matérialiser les parcours effectués pendant la sortie pédagogique.

ANNEXE I. Les technologies de localisation

I. Introduction

Pour localiser un apprenant grâce à son Smartphone, plusieurs techniques peuvent être utilisées : (1) le positionnement par satellites (GPS), (2) le positionnement par réseau de téléphonie mobile (GSM), (3) le positionnement par réseau WiFi, (4) le positionnement par puces électroniques (RFID, NFC,...) et (5) le positionnement par adresse IP.

Borriello et Deshpande ont classé ces technologies de positionnement en deux catégories : la première catégorie est basée sur des réseaux (GPS, GSM,...) et l'autre est basée sur des dispositifs (RFID, NFC,...). D'autre part, ces technologies sont classées selon leurs environnements de déploiements en deux types : (1) les technologies Indoor (à l'intérieur des bâtiments) et (2) les technologies Outdoor (en plein air). Par exemple, le système GPS permet de localiser les apprenants en plein air alors que le WiFi donne la position de ces derniers à l'intérieur des bâtiments (Borriello & Deshpande, 2002). Actuellement, ces technologies de positionnement sont classées en fonction de leurs niveaux de déploiements et de leurs précisions de localisation (Hazas, Scott, & Krumm, 2004). Dans les sections suivantes, nous allons faire un rapide survol sur ces technologies qui sont fréquemment utilisées dans le domaine de l'apprentissage mobile.

II. Le GPS

Le GPS ou « Global Positioning System » est un système américain basé sur une constellation de satellites défilant en orbite polaire (ils passent par le pôle), embarquant des horloges très précises permettant la diffusion d'éphémérides aussi précis. Il permet de se positionner sur la terre et de faire de la navigation par des calculs de trajectographie. La partie spatiale est constituée d'un ensemble de 24 satellites répartis sur 6 plans orbitaux. Un récepteur GPS capte les signaux d'au moins quatre satellites, calcule les temps de propagation de ces signaux entre les satellites et lui, et détermine ainsi sa localisation par rapport aux satellites. Un utilisateur muni de ce type de récepteur peut se localiser et s'orienter aussi longtemps qu'il a au moins quatre satellites accessible par son équipement. La précision du positionnement par GPS va de 100 mètres à quelques mètres en temps réel pour l'utilisation civile. Elle peut atteindre quelques millimètres pour les applications militaires [Wikipédia, 2015a].

III. Les puces RFID

Les puces RFID (identification par radio fréquence) permettent d'identifier un objet sur une courte distance. Cette technologie d'identification peut être utilisée pour identifier : (1) les objets, comme

avec un code-barres (on parle alors d'étiquette électronique), (2) les personnes, en étant intégrée dans les passeports, carte de transport, carte de paiement (on parle alors de carte sans contact) et (3) les carnivores domestiques (chats, chiens et furets) dont l'identification RFID est obligatoire dans de nombreux pays, en étant implantée sous la peau. Les puces RFID sont divisées en deux types : (1) les puces passives qui envoient des informations à la sollicitation d'un lecteur et (2) les puces actives dotées de micro batteries capables de fournir une alimentation électrique et donc d'envoyer des informations par elles-mêmes [Wikipédia, 2015b].

IV. Code QR

Le code QR est un type de code-barres en deux dimensions (ou code matriciel datamatrix) constitué de modules noirs disposés dans un carré à fond blanc. L'agencement de ces points définit l'information que contient le code. QR (abréviation de Quick Response) signifie que le contenu du code peut être décodé rapidement après avoir été lu par un lecteur de code-barres, un téléphone mobile, un Smartphone, ou encore une webcam. Son avantage est de pouvoir stocker plus d'informations qu'un code à barres, et surtout des données directement reconnues par des applications, permettant ainsi de déclencher facilement des actions comme : naviguer vers un site internet, montrer un point géographique sur une carte, faire un paiement direct via son téléphone portable (Europe et Asie principalement), etc. [Wikipédia, 2015c].

V. Technologie NFC

Le NFC30 (Near Field Communication) est une technologie permettant d'échanger des données à moins de 10cm, entre deux appareils équipés de ce dispositif. Le NFC est intégré à la plupart de nos terminaux mobiles sous forme de puce, ainsi que sur certaines cartes de transport ou de paiement. Le NFC a trois modes de fonctionnement différents [Wikipédia, 2015d] :

a) Mode émulation de carte

Le terminal mobile fonctionne comme une carte sans contact. La carte SIM du portable peut être utilisée pour stocker des informations chiffrées et les sécuriser. Comme exemples d'utilisations, nous pouvons citer :(1) le Paiement sans contact et (2) la gestion des coupons de réduction ou des points de fidélité dans un magasin.

b) Mode lecteur

Le mobile équipé du NFC est capable de lire des « tags » (étiquettes électroniques), pour récolter des informations pratiques, ou pour lancer une action de manière automatique sur un Smartphone. Par exemple, nous pouvons citer : (1) le parcours dans un musée (les interactions grâce aux tags NFC) et (2) l'automatisation d'une tâche (lancer une application à l'approche du tag NFC).

³⁰ <http://www.commentcamarche.net/faq/36852-tout-comprendre-a-la-technologie-nfc>

c) Mode peer to peer

Ce mode de fonctionnement permet l'échange d'informations entre deux appareils équipés du NFC, citons à titre d'exemple : (1) l'échange de photos entre une tablette et un Smartphone et (2) l'ouverture des portières de sa voiture.

VI. Géolocalisation par adresse IP

Cette méthode permet de déterminer la position géographique de n'importe quel terminal connecté à internet en se basant sur son adresse IP. Les adresses IP sont gérées par l'IANA31, une organisation qui s'occupe de découper les blocs d'adresses IP disponibles et de les distribuer de façon très contrôlée aux pays qui en demandent. Toutes ces attributions étant très bien documentées, il est possible de savoir dans quel pays se trouve un terminal connecté à internet grâce à son adresse IP. On peut même obtenir un niveau de précision de l'ordre de la ville en se basant sur la distribution des adresses IP faite par les fournisseurs d'accès à internet [Wikipédia, 2015e].

VII. Conclusion

La plupart des Smartphones sont maintenant équipés de plusieurs capteurs qui peuvent être utilisés pour lire des codes visuels, comme le code QR ainsi que d'autres technologies de détection tels que la RFID et le NFC. L'utilisation de ces technologies ne se limite pas à la saisie des informations, mais elle permet également d'utiliser les téléphones mobiles pour lier le monde numérique au monde réel (les interactions des utilisateurs avec les lieux physiques). Dans le cadre des sorties pédagogiques, les informations contextuelles comprennent l'identification de l'utilisateur et de l'équipement. Pour prendre en compte ces deux catégories d'informations, le système GPS nous semblent correspondre le mieux à ce besoin car notre environnement est de type outdoor. Toutefois, les étiquettes de type RFID, NFC ou code QR peuvent nous aider à matérialiser le déroulement de la visite effectué par chaque apprenant.

³¹ https://fr.wikipedia.org/wiki/Internet_Assigned_Numbers_Authority

ANNEXE II. Les applications mobiles

I. Introduction

Le Smartphone est un téléphone disposant des fonctions similaires à celles d'un assistant numérique personnel (PDA). Les fonctions les plus courantes concernent l'accès à Internet, le courrier électronique, la gestion d'emploi du temps et de carnet d'adresses. La plupart des téléphones mobiles sont maintenant équipés d'appareil photo numérique et de GPS et peuvent lire des mp3 et des vidéos ainsi que des fichiers dans divers formats (Word, PDF, ...). Pour prendre en compte ces fonctionnalités, les systèmes d'exploitation mobile (Android, iOS, Windows phone 8.1 et Blackberry OS) se concentrent sur la gestion de la configuration matérielle, des différents types d'interfaces, etc.

Dans ce qui suit, nous présentons une classification des différents types d'applications mobiles, ensuite, nous citons les outils qui permettent le développement des applications mobiles de type hybride (native et Web).

II. Les types d'application mobile :

Actuellement, nous recensons 3 principaux types d'applications mobiles [mangotrestudios, 2013]:

a) Les applications natives :

Ces applications correspondent à des logiciels créés uniquement pour une plateforme mobile. Le développement de ces logiciels se fait au travers du SDK (Software Development Kit) de la plateforme mobile choisie. Le nom de ces applications vient du fait qu'elles sont développées avec l'utilisation de langages « natifs » comme par exemple le langage JAVA ou le langage Objective-C.

b) Les applications WEB :

Ces applications correspondent à des sites web qui sont conçus spécialement pour un affichage sur mobile optimisé. Pour accéder à ces sites web, on utilise le navigateur internet disponible sur le mobile. Ces applications mobiles sont développées principalement à partir de technologies web comme HTML5 ou encore CSS3. Grâce au support HTML5 il est possible d'accéder à environ 80% des fonctions présentes sur le mobile. Par exemple cela permet d'accéder à la géolocalisation, à l'accéléromètre, gérer la fonction multitouche ou encore permettre la synchronisation offline lorsque le mobile perd et retrouve sa connexion par la suite.

Ces applications web peuvent être de deux sortes : (1) Génériques : c'est-à-dire qu'elles sont compatibles avec toutes les plateformes mobiles et donc utilisables sur toutes ces plateformes ou (2) conçues spécialement pour un genre de support en particulier.

c) Les applications mobile de type hybride :

Ces applications sont considérées comme un mix à la fois entre les applications natives et les applications web. En effet, elles sont compatibles avec toutes les plateformes mobiles. Ces applications sont principalement développées à l'aide d'HTML, CSS ou JavaScript. Ainsi, une application hybride, contrairement à une application native, n'est pas dépendante d'une plateforme mobile en particulier. De la même manière, contrairement aux applications web, les applications hybrides peuvent accéder à toutes les fonctions présentes sur le mobile. Cela est rendu possible par des liens faits entre le langage natif et la technologie web présents dans l'application hybride.

Dans le cadre de notre scénario de type sortie pédagogique, nous nous sommes intéressés aux applications hybrides car elles combinent les points forts des applications natives et web.

III. Outil de développement des applications mobiles de type hybride :

a) Phonegap

Phonegap³² est une solution hybride qui utilise une bibliothèque permettant d'accéder depuis le JavaScript d'une page Web à de nombreuses ressources matérielles de l'appareil mobile. Le système de callback permet l'intégration de cette bibliothèque avec le JavaScript. Cependant, Phonegap ne gère pas l'interface utilisateur qui est entièrement laissée à la charge de l'utilisateur et du navigateur embarqué. La présentation se fait donc à l'aide de CSS, de bibliothèques JavaScript tierces, ou des langages spécialisés. Enfin, nous notons que Phonegap est une petite bibliothèque gratuite et extensible qui permet d'accéder à de nombreuses ressources matérielles.

b) Rhomobile

La société Rhomobile³³ propose une série d'outils et de solutions de développement pour les parties clientes et serveur des applications. « Rhodes » est le Framework que propose « Rhomobile » pour le développement d'applications mobiles. Le développement se fait dans Eclipse à l'aide du plugin « Rho Studio » et du debugger « Rho Debugger ». Une application « Rhodes » est une application hybride pouvant accéder à certains « widgets » et aux ressources matérielles des appareils. Le serveur RhoConnect permet d'interfacer et de synchroniser très simplement les données de l'application avec celles hébergées par un site Web. « RhoHub » permet de développer son application en ligne, de la déployer et d'héberger un serveur de synchronisation des données.

c) Appcelerator Titanium

Titanium est une API et une plate-forme JavaScript éditées par « Appcelerator ». Elle permet de créer des applications natives et offre une API supportant une grande quantité de ressources

³² <http://phonegap.com/>

³³ <http://rhomobile.com/>

matérielles. Appcelerator fournit également un IDE basé sur Eclipse, « Titanium studio », qui permet de compiler et tester son code à la volée. Cependant, Titanium souffre de deux inconvénients majeurs. Le premier est qu'il faut une connexion Internet permanente pour pouvoir utiliser « Titanium Studio », cela signifie que si on perd sa connexion ou si le site de Titanium34 est en maintenance, alors on ne peut plus travailler. Le second inconvénient est la documentation : il y a beaucoup d'outils mais l'information y est divisée et aucun d'eux n'est vraiment exhaustif, on peut passer de précieuses minutes (voire heures) à chercher une information.

d) Adobe Flex

Le développement mobile « Flex » profite de l'intégration des différents outils Adobe. L'environnement de développement « Adobe Flash Builder35 » est très complet, depuis l'intégration au workflow des outils graphiques comme Photoshop ou Fireworks jusqu'au monitoring des communications entre le serveur et l'application. « Flash Builder » permet de construire graphiquement son application à la manière d'un « Interface Builder ». Les points négatifs se retrouvent au niveau de l'ergonomie : il y a des problèmes de fluidité et de performance lors de la navigation dans de grosses applications, et il n'existe pas pour le moment de "Template" complet pour imiter complètement un aspect natif.

e) Sencha Touch

Sencha Touch36 est la solution la plus indiquée si l'on souhaite réaliser une application HTML/Javascript esthétiquement identique à une application mobile native. Cette solution est construite sur une architecture objet JavaScript entièrement créée par l'équipe de « Sencha » et permet d'utiliser le design pattern « Model View Controller » pour une meilleure maintenabilité et une meilleure évolutivité. En outre, il faut prévoir un peu de temps pour une formation basique qui est plutôt bien documentée. Cependant, pour traiter les situations plus compliquées, le forum est assez réactif bien que la priorité est accordée au support payant. D'autre part, l'équipe « Sencha » propose « JSBuilder », un outil gratuit et indispensable, permettant d'optimiser le code des projets pour la production.

f).jQ.Mobile

La version mobile de jQuery37 semble avoir actuellement la communauté la plus importante des frameworks présentés précédemment. La première version de ce Framework vient de sortir et jouit de nombreux composants. Cependant, il lui manque quelques finitions pour permettre une bonne simulation d'application native. La communauté est très active et le développement avance vite.

³⁴ <http://www.appcelerator.com/>

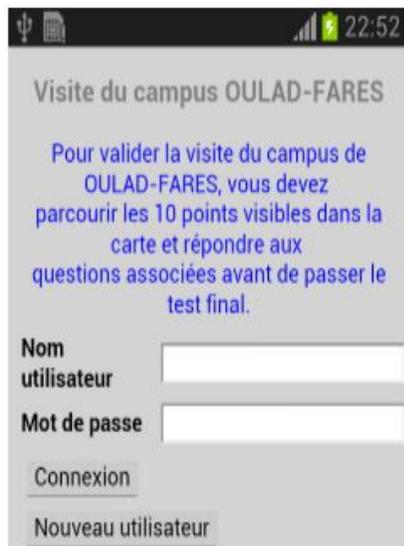
³⁵ <http://www.adobe.com/products/flash-builder.html>

³⁶ <https://www.sencha.com/products/touch/>

³⁷ <https://jquerymobile.com/>

ANNEXE III. Les interfaces relatives à la visite du campus avec smartphone.

La recommandation des transitions entre les POIs pendant la sortie pédagogique permet à l'apprenant de suivre les POIs marqués à l'aide des étoiles ou de choisir simplement les marqueurs rouges. Dans ce qui suit, nous présentons les interfaces relatives à la description du prototype de visite du campus avec Smartphone permettant la recommandation de transition entre les POIs.



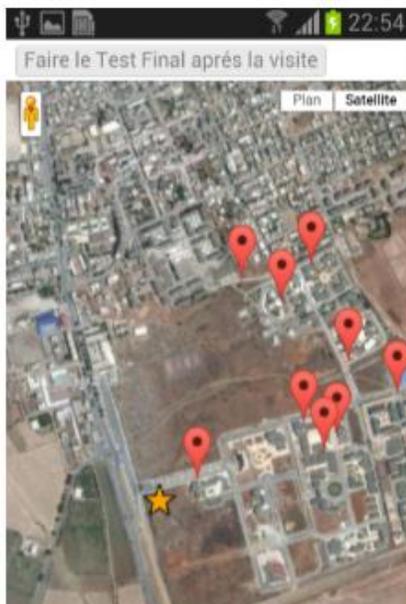
(a) Créer un nouvel apprenant



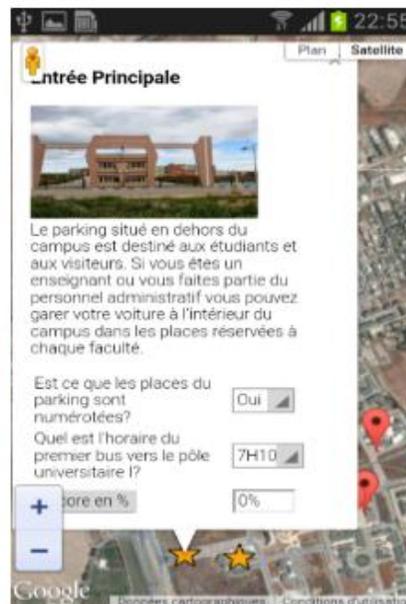
(b) Valider les infos de cet apprenant



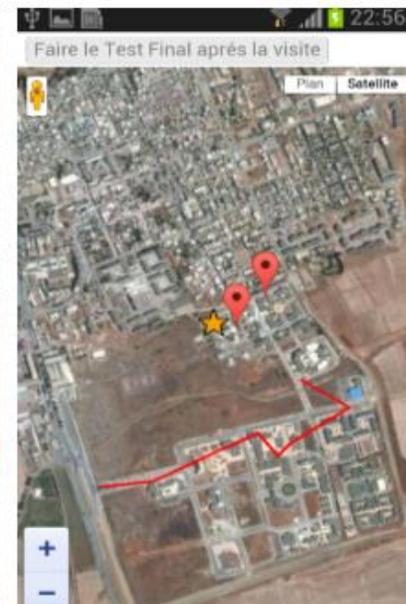
(c) Se connecter à l'application



(d) Affichage du POI recommandé par le système en étoile jaune



(e) En cliquant sur ce POI, l'apprenant accède aux infos et aux activités du lieu



(f) Le chemin emprunté par l'apprenant est marqué en rouge (les POIs déjà visités)

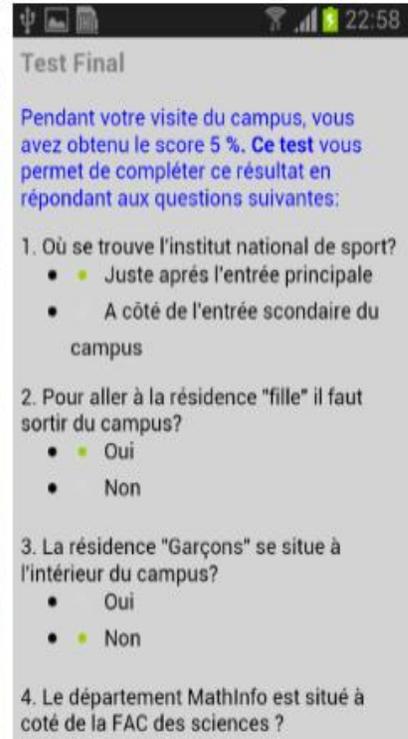
ANNEXE III. Les interfaces relatives à la visite du campus avec Smartphone



(g) Le système informe l'apprenant de la visite de tout les POIs du scénario



(h) Le chemin parcouru par l'apprenant est marqué en rouge et le bouton test est actif



(i) Ce test est accessible en cliquant sur le bouton visible dans (e)

La recommandation du chemin global de la sortie pédagogique permet à l'apprenant de suivre les POIs qui appartiennent au chemin marqué en jaune ou de choisir un autre chemin. Dans ce qui suit, nous présentons les interfaces relatives à la description de notre prototype de visite de campus avec Smartphone permettant de recommander un chemin global.



(a) Créer un nouvel apprenant



(b) Valider les infos de cet apprenant



(c) Se connecter à l'application

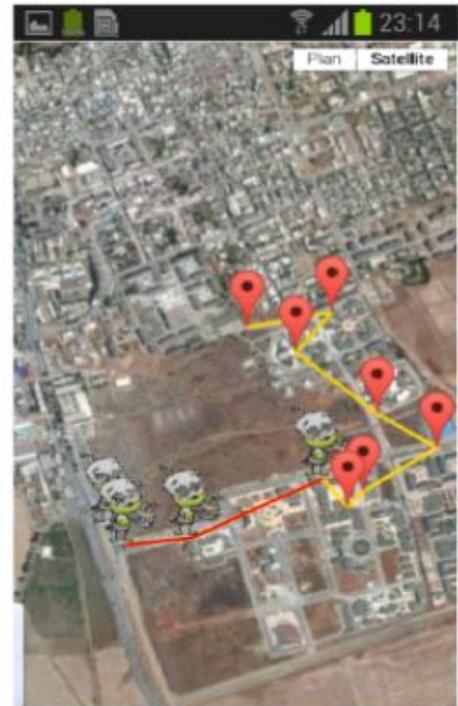
ANNEXE III. Les interfaces relatives à la visite du campus avec Smartphone



(d) Affichage du chemin recommandé par le système en jaune



(e) En cliquant sur le POI, l'apprenant accède aux infos et aux activités du lieu



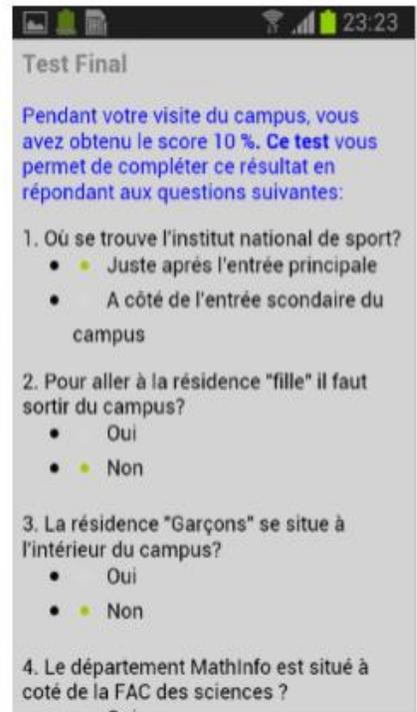
(f) Le chemin emprunté par l'apprenant est marqué en rouge (les POIs déjà visités)



(g) Le système informe l'apprenant de la visite de tout les POIs du scénario



(h) Le chemin parcouru par l'apprenant est marqué en rouge et le bouton test est actif



(i) Ce test est accessible en cliquant sur le bouton visible dans (e)

ANNEXE IV. Le test des connaissances relatif à la visite du campus

Cet ensemble de questions permet de tester les connaissances des apprenants (bacheliers et enseignants) après la visite du nouveau campus « Oulad fares » de Chlef. Dans les deux prototypes de visite de campus que nous avons développé, nous utilisons la même série de questions pour évaluer le score obtenu par les apprenants. Cette série est composée des 10 questions suivantes :

- (1) Où se trouve l'institut national de sport ?
 - Juste après l'entrée principale
 - A côté de l'entrée secondaire du campus
- (2) Pour aller à la résidence « fille » il faut sortir du campus ? Oui Non
- (3) La résidence « Garçons » se situe à l'intérieur du campus ? Oui Non
- (4) Le département « MathInfo » est situé à côté de la FAC des sciences ? Oui Non
- (5) La bibliothèque universitaire se situe entre la FAC des sciences et la FAC des langues ?
 - Oui Non
- (6) Le département de Français et d'anglais sont dans le même Bâtiment ?
 - Oui Non
- (7) Où se situe le département d'électrotechnique ?
 - A côté de l'entrée principale du campus
 - Du côté de l'entrée secondaire du campus
- (8) Les terrains de football du complexe sportif sont dans la cours du département « MathInfo » ?
 - Oui Non
- (9) La FAC des langues est proche de la résidence des « Filles » et loin de la résidence des « Garçons » ?
 - Oui Non
- (10) La FAC des sciences est proche de la résidence des « Garçons » et loin de la résidence des « Filles » ?
 - Oui Non

ANNEXE V. Questionnaire d'évaluation du dispositif.

Ce questionnaire permet l'évaluation du scénario mobile d'apprentissage(le feedback). Dans notre cas nous avons utilisé ce questionnaire pour évaluer notre prototype de découverte du Campus.

Vous êtes : (Étudiant/Enseignant)

Sexe : Homme Femme

1. L'utilisation de votre Smartphone était facile pendant la visite du campus

D'accord Incertain Désaccord Fortement en désaccord

2. Cette expérience d'apprentissage mobile était amusante pour vous

D'accord Incertain Désaccord Fortement en désaccord

3. La plupart des apprenants peuvent apprendre à utiliser ce système très rapidement

D'accord Incertain Désaccord Fortement en désaccord

4. Je recommande ce type d'apprentissage mobile pour d'autres apprenants

D'accord Incertain Désaccord Fortement en désaccord

5. L'apprentissage mobile est mieux que le E-learning pour la visite du campus

D'accord Incertain Désaccord Fortement en désaccord

6. Le repérage des POI lors de la visite du campus était facile

.. D'accord Incertain Désaccord Fortement en désaccord

7. La visite des POI n'apporte rien à la découverte du campus

.. D'accord Incertain Désaccord Fortement en désaccord

8. Les questions posées sont faciles à comprendre

.. D'accord Incertain Désaccord Fortement en désaccord

9. Les questions posées m'ont permis de mieux visiter les POI afin de pouvoir répondre

.. D'accord Incertain Désaccord Fortement en désaccord

10. Les questions sur les POI m'ont amenée à consulter les contributions des autres

.. D'accord Incertain Désaccord Fortement en désaccord

11. Les contributions des apprenants précédents m'ont facilité la visite du campus

.. D'accord Incertain Désaccord Fortement en désaccord

13. Les POI suggérés par le système répondaient à mes attentes de la visite

D'accord Incertain Désaccord Fortement en désaccord

14. L'apprentissage mobile m'a permis de communiquer avec d'autres apprenants pendant la visite

- D'accord Incertain Désaccord Fortement en désaccord

15. Le Chat pendant le déroulement de la visite peut être très utile

- D'accord Incertain Désaccord Fortement en désaccord

16. Je n'ai pas envie que les autres utilisateurs connaissent mes contributions

- .. D'accord Incertain Désaccord Fortement en désaccord

17. L'accès et la lecture de textes sur le Smartphone ont bien fonctionné

- D'accord Incertain Désaccord Fortement en désaccord

18. La prise des notes lors de la découverte du campus reflète mon parcours

- D'accord Incertain Désaccord Fortement en désaccord

19. Les accès aux ressources relatives à la découverte du campus ont bien fonctionné

- D'accord Incertain Désaccord Fortement en désaccord

20. Les liens relatifs aux activités proposées ont bien fonctionné

- D'accord Incertain Désaccord Fortement en désaccord

21. Le cours m-Learning m'a permis d'apprendre plus sur le campus

- D'accord Incertain Désaccord Fortement en désaccord

J'ai apprécié

.....
.....
.....
.....
.....

Je n'ai pas aimé

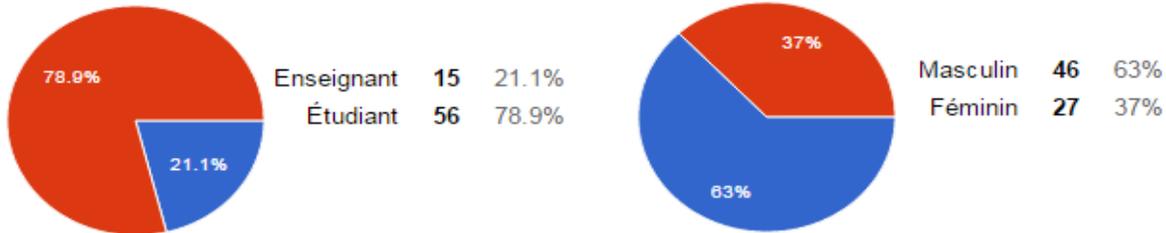
.....
.....
.....
.....

Il faudrait

.....
.....
.....
.....

ANNEXE VI. Résultats du questionnaire relatif à la visite virtuelle du campus.

Les résultats suivants sont issus de l'analyse du questionnaire de satisfaction relatif au prototype de visite virtuelle du campus « Oulad Fares » de l'université de Chlef à partir des PCs.



1. L'utilisation de ce dispositif était facile pendant la visite du campus ?



2. La plupart des apprenants peuvent apprendre à utiliser ce système très rapidement ?



3. Cette expérience d'apprentissage était amusante pour vous ?



4. Je recommande ce mode d'apprentissage pour faire d'autres types de visites ?



5. Les questions posées m'ont permis de mieux connaître le campus ?



6. L'accès aux liens et la lecture de textes ont bien fonctionné ?

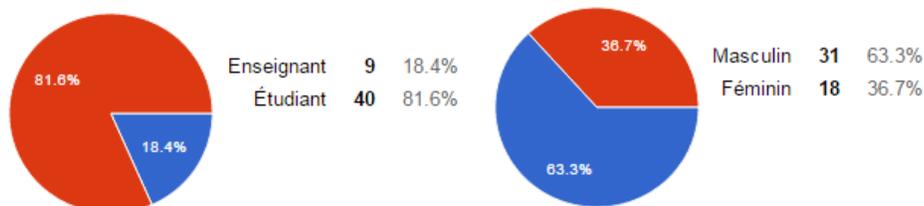


7. Ce cours M-learning m'a permis d'apprendre plus sur le campus ?



ANNEXE VII. Résultat du questionnaire relatif à la visite réelle du campus.

Les résultats suivants sont issus de l'analyse du questionnaire de satisfaction relatif au prototype de visite réelle du campus « Oulad Fares » de l'université de Chlef à l'aide des équipements mobiles.



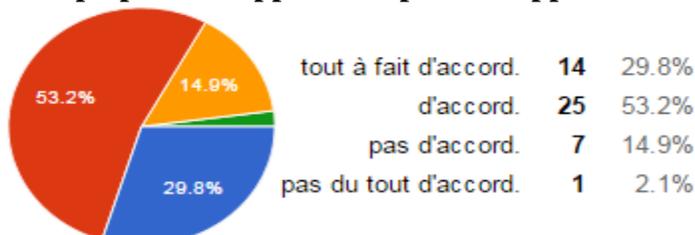
1. Quel type d'appareil mobile possédez-vous ?



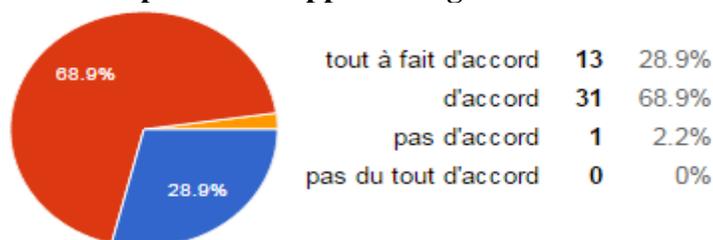
2. L'utilisation de ce dispositif était facile pendant la visite du campus ?



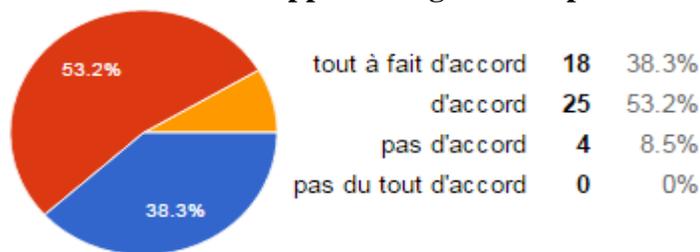
3. La plupart des apprenants peuvent apprendre à utiliser ce système très rapidement ?



4. Cette expérience d'apprentissage mobile était amusante pour vous ?



5. Je recommande l'apprentissage mobile pour faire d'autres types de visites ?



6. Le repérage des lieux lors de la visite du campus était facile ?



7. Les questions posées m'ont permis de mieux visiter les lieux ?



8. L'accès aux liens et la lecture de textes ont bien fonctionné ?



9. Ce cours M-learning m'a permis d'apprendre plus sur le campus ?



Bibliographie

- Ally, M. (2004). Using learning theories to design instruction for mobile learning devices. *mLearn2004: Mobile learning anytime everywhere*, 5–8.
- Anderson, M., Ball, M., Boley, H., Greene, S., Howse, N., Lemire, D., & McGrath, S. (2003). RACOFI: A Rule-Aplying Collaborative Filtering System.
- Arrigo, M., Giuseppe, O. D., Fulantelli, G., Gentile, M., Novara, G., & Seta, L. (2007). A Collaborative MLearning Environment. *6th Annual International Conference on Mobile Learning, mLearn 2007, Melbourne Australia*, 13-22.
- Bank, M., & Franke, J. (2010). Social networks as data source for recommendation systems. *Will Aalst, John Mylopoulos, Norman M. Sadeh, Michael J. Shaw, Clemens Szyperski, Francesco Buccafurri et Giovanni Semeraro, editeurs : E-Commerce and Web Technologies, volume 61 de Lecture Notes in Business Information Processing, Springer*, 49-60.
- Beale, R., & Lonsdale, P. (2004). Mobile Context Aware Systems: the intelligence to support tasks and effectively utilize resources. *Proceedings of MobileHCI*.
- Béchet, N. (2012). État de l’art sur les Systèmes de Recommandation. Projet AxIS de l’INRIA, dans le cadre du projet Addictrip.
- Béchet, N., & Aufaure, M. (2011). Construction et peuplement de structures hiérarchiques de concepts dans le domaine du e-tourisme. *IC’2011 (Ingénierie des connaissances)*.
- Bedi, P., Sharma, R., & Kau, H. (2009). Recommender system based on collaborative behavior of ants. *Journal of Artificial Intelligence (2). ISSN 1994-5450*, 40-50.
- Benayoune, F., & Lancieri, L. (2005). Toward a modelization of mobile learners behavior for the design and the evaluation of advanced training systems. *IADIS International Journal on WWW/Internet*.
- Biancalana, C., Gasparetti, F., Micarelli, A., & Sansonetti, G. (2013). An Approach to Social Recommendation for Context-Aware MobileServices. *ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology, Vol. 4, No. 1, Article 10, Publication date: January 2013, Copyright 2011 ACM 978-1-4503-0757-4/11/07*, 325-334.
- Borriello, G., & Deshpande, N. (2002). Location-Aware Computing:Creating Innovative and Profitable Applications and Services. *Interl Developer Magazine*, 1-6.
- Boussebough, I. (2011). *Les système multi-agent adaptables*. Thèse de doctorat en sciences Université Mentouri Constantine.
- Brodersen, C., Christensen, B., Grnbk, K., Dindler, C., & Iversen, O. (2004). eBag - the DigitalSchool Bag. *Proceedings of the Fourth Danish HumanComputer Interaction Research Symposium*.
- Brun, A., & Boyer, A. (2010). Du e-commerce au m-commerce : vers une recommandation incrémentale. 1-3.
- Bruner, J. S. (1961). The act of discovery. *Harvard Educational Review 31 (1)*, 21–32.
- Brusilovsky, P., & Henze, N. (2007). Open Corpus Adaptive Educational Hypermedia. *Brusilovsky P, Kobsa A, Nejdl W (eds), The Adaptive Web: Methods and Strategies of Web Personalization, LNCS 4321, Berlin Heidelberg NewYork: Springer*, 671-696.
- Brusilovsky, P., & Nejdl, W. (2004). Adaptive Hypermedia and Adaptive Web. *Practical Handbook of Internet Computing, CRC Press LLC*.
- Burgos, D., Arnaud, M., Neuhauser, P., & Koper, R. (2005). IMS Learning Design : la flexibilité pédagogique au service des besoins de la e-formation. *La Revue de l'EPI. France: L'association Enseignement Public et Informatique*.

- Candillier, L., Jack, K., Fessant, F., & Meyer, F. (2009). State-of-the-art recommender systems. Collaborative and Social Information Retrieval and Access.
- Carmagnola, F., Vernerio, F., & Grillo, P. (2009). Sonars : A social networksbased algorithm for social recommender systems. *Geert-Jan Houben, Gord McCalla, Fabio Pianesi et Massimo Zancanaro, editeurs : User Modeling, Adaptation, and Personalization, volume 5535 de Lecture Notes in Computer Science, Springer Berlin/ Heidelberg, 10.1007/978-3-642-02247-0-22, 223-234.*
- Carretier, B., & Cidognet, A. (2000). Sorties et voyages scolaires. *Grenoble, CRDP, Académie de Grenoble,*, 36-37.
- Chatti, M. A., Keeratibumrungpong, P., & Obster, M. (2012). Orchestration of Mobile Learning. *Seminar: Mobile Learning winter semester 2011/2012 Computer-Supported Learning Research Group.*
- Chelcea, S., Gallais, G., & Trousse, B. (2004). Recommandations personnalisées pour la recherche d'information facilitant les déplacements. *Mobilité & Ubiquité, June 1-3, 2004, Nice, France , ACM 1-58113-915-2/04/0006.*
- Chen, G., & Kotz, D. (2000). A Survey of Context-Aware Mobile Computing Research. *Dartmouth College Technical Report TR2000-381.*
- Chen, Y. S., Kao, T. C., & Sheu, J. P. (2003). A Mobile Learning System for Scaffolding Bird Watching Learning. *Journal of Computer Assisted Learning 19(3), 347-359.*
- Chen, Y. S., Kao, T. C., & Sheu, J. P. (2004). A Mobile Butterfly-Watching Learning System for Supporting Independent Learning. *Proceedings of the 2nd IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education, IEEE Computer Society.*
- Cheng, C., Yang, H., Lyu, M., & King, I. (2013). Where You Like to Go Next: Successive Point-of-Interest Recommendation. *Proceedings of the 23 International Joint Conference on Artificial Intelligence, August 3-9-2013, Beijing, China, 2605-2611.*
- Dan, Y., & XinMeng, C. (2006). Using Bayesian Networks to Implement Adaptivity in Mobile Learning. *Proceedings of the second International Conference on Semantics, Knowledge, and Grid (SKG'06).*
- De Spindler, A., Spindler, R. D., Norrie, M. C., Grossniklaus, M., & Signer, B. (2006). Spatio-Temporal Proximity as a Basis for Collaborative Filtering in Mobile Environments.
- Delotte, O. (2006). CoCSys : une approche basée sur la construction d'un modèle comportemental pour la conception de systèmes collaboratifs mobiles. *thèse de doctorat, Ecole Centrale de Lyon.*
- Derycke, A. (2006). Tutoriel Ubimob 06, Du E-Learning au Pervasive-Learning: Concepts, Exemples et Questions de Recherche. *3ème Journées Francophones Mobilité et Ubiquité, Conservatoire National des Arts et Métiers Paris.*
- Dewey, J. (1916). Democracy and Education. *Macmillan, 1916.*
<http://www.ilt.columbia.edu/publications/dewey.html>.
- Dillenbourg, P. (2012). Modéliser l'orchestration. *Conférence sur Éducation et sciences de l'apprendre Session 4, Ecole Normale Supérieure de Lyon, automne 2012.*
- Dillenbourg, P., Schneider, D., & Synteta, P. (2002). Virtual Learning Environments. *Proceedings of the 3 Hellenic conférence "information & communication technologie in education, 3-18.*
- Dorigo, M., Maniezzo, V., & Coloni, A. (1996). Ant system: optimization by a colony of cooperating agents. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics--Part B, volume 26, numéro 1, 29-41.*
- Drachsler, H. (2014). Recommender systems for learning.
<http://fr.slideshare.net/Drachsler/recsystel-lecture-at-advanced-siks-course-nl>.

- Drachsler, H., Hummel, H., & Koper, R. (2008). Personal recommender systems for learners in lifelong learning: requirements, techniques and model. *International Journal of Learning Technology*, 3(4), 404-423.
- Economides, A. (2006). Adaptive Mobile Learning. *roceedings WMUTE – 4th International Workshop on Wireless, Mobile and Ubiquitous Technologies in Education*.
- El-Bishouty, M., Ogata, H., Rahman, S., & Yano, Y. (2010). Social knowledge awareness map for computer supported ubiquitous learning environment. *Educational Technology & Society* 13 (4), 27–37.
- Eshach, H. (2007). Bridging In-school and Out-of-school Learning: Formal, Non-Formal, and Informal Education. *Journal of Science Education and Technology*, Vol. 16, No. 2.
- Ferber, J. (1995). Les systèmes multi-agents : Vers une intelligence collective. *InterEditions*.
- Fontaine, D. (2006). L'accès aux ressources d'une formation guidé par des Ontologies. *International Journal of Technologies in Higher Education*.
- Gao, W., Wang, S., & Cerrone, N. (2002). A dynamic recommendation system based on log mining. *In International journal of foundations of computer science*. Vol. 13, N° 4., 521-530.
- Gicquel, P., & Lenne, D. (2013). Proximités Sémantiques et Contextuelles pour l'Apprentissage Informel : Application à la Visite de Musée . *Journée EIAH & IA, Toulouse, France*.
- Giemza, A., Bollen, L., Seydel, P., Overhagen, A., & Ulrich Hoppe, H. (2010). LEMONADE: A Flexible Authoring Tool for Integrated Mobile Learning Scenarios. *The 6th IEEE International Conference on Wireless, Mobile, and Ubiquitous Technologies in Education*.
- Giemza, A., Malzahn, N., & Hoppe, H. (2013). Mobilogue: Creating and Conducting Mobile Learning Scenarios in Informal Settings. *Proceedings of the 21st International Conference on Computers in Education. Indonesia: Asia-Pacific Society for Computers in Education*.
- Glahn, C., & Specht, M. (2010). Embedding moodle into ubiquitous computing environments. *Publications and Preprints. LMedia*.
- Gomez, S., Zervas, P., Sampson, D., & Fabregat, R. (2012). Delivering adaptive and context-aware educational scenarios via mobile devices. *12th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2012)*, 197–201.
- Goodyear, D., & Yang, F. (2009). Patterns and pattern languages in educational design. *Handbook of Research on Learning Design and Learning Objects: Issues, Applications, and Technologies, volume 2*, 167–187.
- Goodyear, P., & F., Y. D. (2009). Patterns and pattern languages in educational design. *Handbook of Research on Learning Design and Learning Objects: Issues, Applications, and Technologies, volume 2, IGI Global*, 167–187.
- Graf, S., & Kinshuk. (2008). Adaptivity and personalization in ubiquitous learning systems. *Symposium on Usability and Human Computer Interaction for Education and Work (USAB 2008)*, 331–338.
- Hamadache, K., & Lancieri, L. (2010). Indicateurs pour l'évaluation du travail collaboratif en environnement Pervasif . *ICT*.
- Hamming, R. (1950). error-detecting and error-correcting codes . *Bell System Technical Journal* 29(2):, 147-160.
- Hansmann, U. (2003). Pervasive Computing. *The Mobile World, Springer* .
- Hazas, M., Scott, J., & Krumm, J. (2004). Location-aware computing comes of age. *Computer* 37(2), 95-97.

- Hosseini-Pozveh, M., Nematbakhsh, M., & Movahhedinia, N. (2009). A multidimensional approach for context-aware recommendation in mobile commerce. *International Journal of Computer Science and Information Security*.
- Hundebol, J., & Helms, N. H. (2006). Pervasive e-Learning - In Situ Learning in Changing Contexts. *Conference on Informal Learning and Digital Media (DREAM 2006)*, Odense, Denmark.
- Hung, P. H., Lin, T., & Su, I. (2013). Seamless connection between learning and assessment-applying progressive learning tasks in mobile ecology inquiry. *Educational Technology & Society ISSN 1436-4522*, 194–205.
- Hung, P., Hwang, Y., Lin, T., & Su, I. (2013). Seamless connection between learning and assessment-applying progressive learning tasks in mobile ecology inquiry. *Educational Technology & Society ISSN 1436-4522*, 194–205.
- Hwang, G.-J., Chu, H.-C., Lin, Y.-S., & Tsai, C.-C. (2011). A knowledge acquisition approach to developing Mindtools for organizing and sharing differentiating knowledge in a ubiquitous learning environment. *Computers & Education 57 (1)*, 1368–1377.
- Joseph, S., & Uther, M. (2009). Mobile devices for language learning: multimedia approaches. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning (RPTEL)*, 4 (1), 7-32.
- Koper, R., Rusman, E., & Sloep, P. (2005). Effective Learning Networks. *Lifelong Learning in Europe*, 18-27.
- Kravcik, M., Specht, M., Kaibel, A., & Terrenghi, L. (2003). Collecting Data on Field Trips – RAFT Approach" Fraunhofer FIT, Sankt Augustin, Germany. *Proceedings of the The 3rd IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'03) 0-7695-1967-9/03 \$17.00 © 2003 IEEE*.
- Krepel, W., & DuVall, C. (1981). Field trips: A guide for planning and conducting educational experiences. *National Education Association, Washington, DC*.
- Kurilovas, E., Zilinskiene, I., & Dagiene, V. (2013). Recommending suitable learning scenarios according to learners' preferences: An improved swarm based approach. *Computers in Human Behavior (2013)*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2013.06.036>.
- Kurti, A., Milrad, M., Alserin, F., & Gustafsson, J. (2006). Designing and implementing ubiquitous learning activities supported by mobile and positioning technologies. *Ninth IASTED International Conference computers and Advanced Technology in Education Lima, Peru.*, pp. 193-199.
- Lacoste, C. (2000). Influence des travaux de terrain sur les apprentissages en géologie. 382 pages, *didactique de la géologie, thèse de doctorat de l'Université de Limoges*.
- Laine, T. H., & Joy, M. (2008). Survey on Context-Aware Pervasive Learning Environments. *Proceedings World Conference on Mobile and Contextual Learning (mLearn 2008)*, University of Wolverhampton, School of Computing and IT, 192-199.
- Lamarti, L., Ben-bouziane, A., Akrim, H., & Talbi, M. (2009). La sortie de terrain : quelle place et quel rôle dans une démarche scientifique ? *RADISMA, Numéro 4 (2009)*, 15 décembre 2009, <http://www.radisma.info/document.php?id=702>. ISSN 1990-3219.
- Lancieri, L. (2007). Modelling collective behaviour using traces of individual activity. *19th International Conference on Systems Research, Informatics and Cybernetics (InterSymp2007)*.
- Lancieri, L. (2015). *Collective intelligence in a computer mediated environment (Chapter 8); in Handbook of Research on Democratic Strategies and Citizen-Centered E-Government Services*. (R. o.-C.-G. Services, Éd.) ollective book coordinated by Ejub Kajan; 2014; DOI: 10.4018/978-1-4666-7266-6, ISBN13: 9781466672666; IGI Global Editor.

- Lancieri, L., Lavallard, A., & Manson, P. (2005). E-brainstorming: Optimization of collaborative learning thanks to online questionnaires. *International Conference Cognition and Exploratory Learning in Digital Age (CELDA 2005) Porto, Portugal* .
- Lancieri, L., Manguin, M., & Mangon, S. (2008). Evaluation of a recommendation system for musical contents. *IEEE International Conference on Multimedia & Expo, Hannover, (ICME 2008)* .
- Laouris, Y. (2005). We Need an Educationally Relevant Definition of Mobile Learning. *4th World conference on mLearning. Cape Town, South Africa*.
- Laroussi, M. (2011). Extension d'IMS/LIP pour supporter l'apprentissage pervasif. *INSAT, université de Carthage, Tunis, Tunisie*.
- Law, C., & So, S. (2010). QR codes in education. *Journal of Educational Technology Development and Exchange, Vol. 3, No. 1*, 85-100.
- Le Tran, D. K. (2011). Conception et développement de fonctionnalités innovantes liées à Facebook pour un système de recommandation. *Rapport bibliographique Dept. Logique des Usages, Sciences Sociales et de l'Information Telecom Bretagne*.
- Lejeune, A. (2004). IMS Learning Design : Étude d'un langage de modélisation pédagogique. *Revue Distances et Savoirs, vol. 2*.
- Liu, T.-Y., Tan, T.-H., & Chu, Y.-L. (2009). Outdoor Natural Science Learning with an RFIDSupported Immersive Ubiquitous Learning Environment. *Educational Technology & Society, Vol. 12 No. 4*, 161–175.
- Liu, Z.-K. Z., Zhang, Y.-C., & Zhou, T. (2010). Solving the cold-start problem in recommender systems with social tags.
- Liyytinen, K., & Yoo, Y. (2002). Issues and Challenges in Ubiquitous Computing. *Communications of the ACM, vol.45, no.12*, 62 – 65.
- Lonsdale, P. (2004). A Context Awareness Architecture for Facilitating Mobile Learning. Learning with Mobile Devices: Research and Development. *Learning and Skills Development Agency*.
- Lopez, M. (2005). *Accès à l'information par un système de filtrage collaboratif contrôlé*. Thèse de doctorat à l'Université Grenoble I.
- Luis de-la-Fuente, V., Pardo, A., & Delgado Kloos, C. (2011). Generic service integration in adaptive learning experiences using IMS learning design . *ScienceDirect, Computers & Education 57 (2011)*.
- Manouselis, N., Drachsler, H., Verbert, K., & Duval, E. (2012). Recommender Systems for Learning – An introduction – . *Handbook, Springer*.
- Martin, E., & Carro, R. (2009). Supporting the development of mobile adaptive learning environments: a case study. *IEEE Transactions on Learning Technologies 2 (1)*, 23–36.
- Martín, S., Lorenzo, E. J., Rodriguez-Artacho, M., Ros, S., Hernández, R., & Castro, M. (2012). Ubiquitous Annotation and a Collaborative Open Mobile Augmented Reality. *Global Engineering Education Conference (EDUCON), 2012 IEEE, Marrakech, ISSN :2165-9559*.
- Martin, S., Sancristobal, E., Gil, R., Castro, M., & Peire, J. (2008). Mobility through location-based services at university. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM) 2 (3)*, 34– 40.
- Masthoff, J., & Gatt, A. (2006). In pursuit of satisfaction and the prevention of embarrassment. *affective state in group recommender systems. User Modeling*, 281–319.

- Mazyad, H. (2013). Une Approche Multi-agents à Architecture P2P pour l'Apprentissage Collaboratif. *Thèse de Doctorat, Université du Littoral Côte d'Opale.*
- Meek, S., FitzGerald, E., Priestnall, G., & Sharples, M. (2013). Learning on Field Trips with. *In Kinuthia, W. & Marshall, S. (Eds). On the Move: Mobile Learning for Development. Information Age Publishing Inc., Charlotte, NC.*
- Moldovan, D., Clark, C., & Harabagiu, S. (2005). Temporal Context Representation and Reasoning To appear. *Proceedings of the Nineteenth International Joint Conference on Artificial Intelligence.*
- Naismith, L., Lonsdale, P., Vavoula, G., & Sharples, M. (2004). Literature Review in Mobile Technologies and Learning. *FUTURELAB SERIES,REPORT 11.*
- Niaraki, A., & Kim, K. (2009). Ontology based personalized route planning system using a multi-criteria decision making approach. *Expert Systems with Applications, 2250–2259.*
- Niramitranon, J., Sharples, M., Greenhalgh, C., & Lin, C.-P. (2010). Orchestrating Learning in a One-to-One Technology Classroom. *Wireless, Mobile and Ubiquitous Technologies in Education, 96–103.*
- Nouri, D. (2014). Learning with or without mobile devices? A comparison of traditional schoolfield trips and inquiry-based mobile learning activities. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning, Vol. 9, No. 2 (2014) Asia-Pacific Society for Computers in Education, 241–262.*
- O'Donovan, J., & Smyth, B. (2005). Trust in recommender systems. *Proceedings of the 10th international conference on Intelligent user interfaces, IUI '05, New York, NY, USA, ACM, 167-174.*
- Ogata, H., Akamatsu, R., & Yano, Y. (2005). TANGO: computer supported vocabulary learning with RFID tags. *Journal of Japanese Society for Information and Systems in Education 22 (1), 30–35.*
- Oppermann, R., & Specht, M. (2000). A context-sensitive nomadic information system as an exhibition guide. *Proceedings of the handheld and ubiquitous computing second international symposium, 127–142.*
- Ouraiba, E. (2013). Scénarisation pédagogique pour des EIAH ouverts Une approche dirigée par les modèles et spécifique au domaine métier. *thèse de doctorat, Université du Maine.*
- Paredes, R., Ogata, H., Saito, N., Yin, C., Yano, Y., Oishi, Y., & Ueda, T. (2005). LOCH: supporting informal language learning outside the classroom with handhelds. *IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education (WMTE '05), 182–186.*
- Pazzani, M. J. (1999). A framework for collaborative, content-based and demographic filtering. *Artif. Intell. Rev., 13, 393-408.*
- Pérez-Sanagustin, M., Ramirez-Gonzalez, G., Hernandez-Leo, D., Munoz-Organero, M., P., B. P., & Delgado Kloos, C. (2010). Discovering the campus together: A mobile and computer-based learning experience. *Journal of Network and Computer Applications 35 (2012) collaboratifs conférence ICT, 176–188.*
- Pérez-Sanagustin, M., Ramirez-Gonzalez, G., Hernandez-Leo, D., Munoz-Organero, M., Santos, P., Blat, J., & DelgadoKloos, C. (2012). Discovering thecampustogether:Amobileandcomputer-based. 35.
- Pernin, J.-P. (2004). LOM, SCORM et IMS-Learning Design : ressources, activités et scénarios. *compte-rendu rédigé par l'enssib à partir d'une transcription de la communication orale de Jean-Philippe Pernin du 16 novembre 2004.*

- Pernin, J.-P. (2004). LOM, SCORM et IMS-Learning Design : ressources, activités et scénarios. *compte-rendu rédigé par l'enssib à partir d'une transcription de la communication orale de Jean-Philippe Pernin du 16 novembre 2004.*
- Pernin, J.-P. (2004). LOM, SCORM et IMS-Learning Design : ressources, activités et scénarios. *compte-rendu rédigé par l'enssib à partir d'une transcription de la communication orale de Jean-Philippe Pernin .*
- Pernin, J.-P. (2005). Langages de modélisation de situations d'apprentissage: L'approche Learning Design. *Séminaire du Groupe Rhône Alpes d'Initiative sur les Normes et Standards dans les Technologies d'Information et de Communication pour l'Éducation, Lyon.*
- Peter, Y., Leroy, S., & Leprêtre, E. (2011). Une infrastructure pour l'intégration des espaces institutionnels et personnels pour l'apprentissage. *Revue STICEF, volume 18.*
- Peter, Y., Villasclaras-Fernández, E. D., & Dimitriadis, Y. (2013). ThirdSpace: orchestrating collaborative activities in PLEs for formal learning. *The Personal Learning Environment Conference.*
- Pham Nguyen, C. (2010). Conception d'un système d'apprentissage et de travail pervasif et adaptatif fondé sur un modèle de scénario. *Thèse de doctorat, l'école nationale supérieure des télécommunications de Bretagne.*
- Phichaya-anutarat, P., & Mungsing, S. (2014). Hybrid recommendation technique for automated personalized POI selection. *International journal of information technology (IJIT) Volume 1, Issue 1, January- June (2014), 01-09.*
- Picot-Clément, R., & Bothorel, C. (2014). Un système de recommandation de lieux basé sur la mesure de Katz dans les réseaux sociaux géographiques. *MARAMI2013 4ième conférence sur les modèles et l'analyse des réseaux : Approches mathématiques et informatiques papier publié dans hal-00960139.*
- Raper, J., Gartner, G., Karimi, H., & Rizos, C. (2007). Applications of location-based services: a selected review. *Journal of Location Based Services, 1(2), 89-111.*
- Recker, M., & Walker, A. (2003). Supporting “word of mouth” social networks through collaborative information filtering. *Journal of Interactive Learning Research, 14(1), 79-98.*
- Resnick, P., & Varian, H. (1997). Recommender systems. *Communications of the ACM, 40(3), 56–58.*
- Rodriguez-Sanchez, M., Martinez-Romo, J., Borromeo, S., & Hernandez-Tamames, J. (2013). GAT: Platform for automatic context-aware mobile services for m-tourism. *Expert Systems with Applications 40 , 4154–4163.*
- Rogers, Y., Price, S., Harris, E., Phelps, T., Underwood, M., & Wilde, D. (2002). Learning through digitally-augmented physical experiences: Reflections on the Ambient Wood project.
- Roschelle, J., Rafanan, K., Estrella, G., Nussbaum, M., & Susana Claro, S. (2009). From handheld collaborative tool to effective classroom module. *Embedding CSCL in a broader design framework. Proceedings of CSCL 2009, Rhodes, Greece, June 2009, 395-403.*
- Russell, B., & Lonsdale, P. (2004). Mobile Context Aware Systems: TheIntelligence to Support Tasks and Effectively Utilise Resources. *Mobile Human-Computer Interaction - MobileHCI, 240-251.*

- Saadiah, Y., Erny, A.-A., & Kamarularifin, A.-J. (2010). The definition and characteristics of ubiquitous learning: A discussion. *International Journal of Education and Development using Information and Communication Technology (IJEDICT)*, 2010, Vol. 6, Issue 1.
- Saari, T., Ravaja, N., Laarni, J., & Turpeinen, M. (2005). Towards Emotionally Adapted Games based on User Controlled Emotion Knobs. *DIGRA Conf.*
- Safran Victor, C., Garcia Barrios, M., & Ebner, M. (2009). The Benefits of Geo-Tagging and Microblogging in m-Learning: a Use Case. *Proceeding MindTrek'09 Proceedings of the 13th International MindTrek Conference: Everyday Life in the Ubiquitous Era ACM New York, NY, USA*, 135-141.
- Sakamura, K., & Koshizuka, N. (2005). Ubiquitous Computing Technologies for Ubiquitous Learning. *Proceedings of the 2005 IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education (WMTE '05)*, 11-20.
- Sang, J., Mei, T., Tao, J., Xu, C., & Li, S. (2012). Probabilistic Sequential POIs Recommendation via Check-In Data. *ACM SIGSPATIAL GIS '12, Nov. 6-9, 2012. Redondo Beach, CA, USA Copyright 2012 ACM ISBN 978-1-4503-1691-0/12/11.*
- Sharples, M. (2000). The design of personal mobile technologies for lifelong learning . *Computers & Education* 34 (2000), 177-193.
- Sharples, M., Sanchez, I. A., Milrad, M., & Vavoula, G. (2009). Mobile Learning: Small devices, Big Issues. In N. Balache, S. Ludvigsen, T. de Jong, A. Lazonder, and S. Barnes, editors, *Technology Enhanced Learning: Principles and Products, chapter 14, Heidelberg: Springer*, 233-249.
- Sheizaf, R., Miri, B., Yuval, D.-G., & Eran, T. (2004). QSIA – a Web-based environment for learning, assessing and knowledge sharing in communities. *Computers & Education* 43, 273–289.
- Specht, M., & Ebner, M. (2011). Mobiles und ubiquitaires Lernen - Technologien und didaktische Aspekte. In *Lehrbuch fdelur Lernen und Lehren mit Technologien epubli Berlin.*
- Specht, M., Kravcik, M., Klemke, R., Pesin, L., & Hüttenhain, R. (2002). Adaptive Learning Environment for Teaching and Learning in WINDS. *Proc. Adaptive Hypermedia and Adaptive Web Based Systems, Malaga.*
- Spikol, D., & Milrad, M. (2008). Physical activities and playful learning using mobile games. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning* 3(3), 275-295.
- Stutzle, T., Lopez-Ibanez, M., Pellegrini, P., Maur, M., Montes de Oca, M., Birattari, M., & Dorigo, M. (2010). Parameter Adaptation in Ant Colony Optimization. *Technical Report No.TR/IRIDIA/2010-002, January 2010 IRIDIA – Technical Report Series ISSN 1781-3794 Published by:IRIDIA.*
- Sudhana, K., Raj, V., & Suresh, R. (2013). An Ontology-based Framework for Context-aware Adaptive E-learning System. *International Conference on Computer Communication and Informatics, Coimbatore, INDIA,.*
- Sun, S., Joy, M., & Griffiths, N. (2005). The use of learning objects and learning styles in a multi-agent education system. *Proc. of ED-MEDIA* .
- Susono, H., & Shimomura, T. (2006). Using Mobile Phones and QR Codes for Formative Class Assessment. In A. Méndez-Vilas, A. Solano Martín, J.A. Mesa González and J.Mesa González (Eds), *Current Developments in Technology-Assisted Education (Vol. 2)Badajoz, Spain: FORMATEX*, 1006-1010.
- Szomszor, M., Alani, H., Cantador, I., O'Hara, K., & Shadbolt, N. (2008). Semantic modelling of user interests based on cross-folksonomy analysis. *7th International Semantic Web Conference (ISWC).*

- Terrenghi, L. (2001). a role based appliance for collaborative learning Lucia Terrenghi, Marcus Specht, Moritz Stefaner. *5th framework program IST-2001-34273* .
- Tetchueng, J.-L., Garlatti, S., & Laube, S. (2008). A Context-Aware Learning System based on generic scenarios and the theory in didactic anthropology of knowledge. *International Journal of Computer & Applications Technomathematics Research Foundation*, 2008 Vol. 5, No. 1, 71-87.
- Thevenin, D., & Coutaz, J. (1999). Plasticity of user interfaces: Framework and research agenda. In *Interact 99 Edinburgh, UK, 30th August-3rd September 1999. IFIP TC.13 Conference on Human-Computer Interaction*, 110–117.
- Traxler, J. (2005). Mobile learning- it's here but what is it? *Interactions* 9, 1. Warwick: University of Warwick.
- Valigiani, G., Jamont, Y., & Bourgeois Republique, C. (2005). Experimenting with a Real-Size Man-Hill to Optimize Pedagogical Paths. *ACM Symposium on Applied Computing*.
- Vansteenwegen, P., Souffriau, W., Vanden Berghe, G., & Van Oudheusden, D. (2010). The city trip planner: an expert system for tourists. *Expert Systems with Applications* .
- Vazquez-Briseno, M., Hirata, F. I., Sanchez-Lopez, J. d., Jimenez-Garcia, E., Navarro-Cota, C., & Nieto-Hipolito, J. I. (2012). Using RFID/NFC and QR-Code in Mobile Phones to Link the Physical and the Digital World. *Interactive Multimedia, Dr Ioannis Deliyannis (Ed.), ISBN: 978-953-51-0224-3, InTech, Available from: <http://www.intechopen.com/books/interactive-multimedia/using-rfid-nfc-and-qr-codein-mobile-phones-to-link-the-physical-and-the-digital-world>*.
- Veilleroy, Y., Eurin, G., Hoogstoel, F., & Lancieri, L. (2013). Exploring Collective Intelligence in Online Brainstorming. *The Third International Conference on Advanced Collaborative Networks, Systems and Applications, Colla2013*.
- Verdejo, M. F., Celorrio, C., Lorenzo, E. J., Millan, M., Prades, S., & Velez, J. (2008). Constructing Mobile Technology-Enabled Environments for an Integrated Learning Approach” An Innovative Mobile Learning: Techniques and Technologies. *IGI Global*, 147-171.
- Vozalis, M., & Margaritis, K. G. (2006). On the enhancement of collaborative ltering by demographic data. *Web Intelli. and Agent Sys.*, 4, 117-138.
- Waldner, J.-B. (2007). Nano-informatique et intelligence ambiante. *Hermès Science, London*.
- Wang, S.-L., & Wu, C.-Y. (2011). Application of context-aware and personalized recommendation to implement an adaptive ubiquitous learning system. *Expert Systems with Applications* 38 (9), 10831–10838.
- Wang, T., Wang, K., & Huang, Y. (2008). Using a style-based ant colony system for adaptive learning. Available online at www.sciencedirect.com, *Expert Systems with Applications* 34, 2449–2464.
- Wang, T.-I., Wang, K.-T., & Huang, Y.-M. (2008). Using a style-based ant colony system for adaptive learning. *Expert Systems with Applications* 34 , 2449–2464.
- Wang, Y. ..., Stash, N. ..., Aroyo, L., Hollink, L., & Schreiber, G. (2009). Using semantic relations for content-based recommender systems in cultural heritage. In *Proceedings of the Workshop on Ontology Patterns (WOP) at ISWC*, 16–28.
- Wang, Y., Stash, N., Aroyo, L., Hollink, L., & G., S. (2009). Using semantic relations for content-based recommender systems in cultural heritage. *Proceedings of the Workshop on Ontology Patterns (WOP) at ISWC*, 16–28.
- Wei, Y. Z., Jennings, .. R., Moreau, .., & Hall, .. (2008). User evaluation of a market-based recommender system. *Journal of Autonomous Agents and Multi-Agent Systems*, 251-269.
- Weiser, M. (1999). The computer for the 21st century. *ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review*, 3(3), 3-11.

- Wenger, E. (1998). *Communities of practice: learning, meanings, and identity*. Cambridge University Press. ISBN 0-521-66363-6.
- Wu, S., Chang, A., Chang, M., Liu, T., & Heh, J. S. (2008). Identifying personalized context-aware knowledge structure for individual user in ubiquitous learning environment. *5th International Conference on Wireless, Mobile and Ubiquitous Technologies in Education (WMUTE 2008)*, 95–99.
- Yahi, A., Chassang, A., Raynaud, L., Duthil, H., Horng, D., & Aurigo, C. (2015). An Interactive Tour Planner for Personalized Itineraries. *ACM 978-1-4503-3306-1/15/03*.
- Yang, S., Zhang, J., & Huang, A. (2008). Applying Web Page Adaptation Technique to the Augmentation of Mobile Learning. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning 3(3)*, 253-273.
- Yapriady, B., & Uitdenbogerd, A. L. (2005). Combining demographic data with collaborative filtering for automatic music recommendation. In *Rajiv Khosla, Robert J. Howlett et Lakhmi C. Jain, editeurs : Knowledge-Based Intelligent Information and Engineering Systems, volume 3684 de Lecture Notes in Computer Science, Springer Berlin /Heidelberg, 2005. 10.1007/11554028-29.*, 201-207.
- Ye, M., Yin, P., Lee, W.-C., & Lee, D.-L. (2011). Exploiting geographical influence for collaborative point-of-interest recommendation. *New York, NY, USA, ACM*, 325-334.
- Yin, C. (2010). SAMCCO : un Système d'Apprentissage Mobile Contextuel et. *thèse de doctorat Ecole Centrale de Lyon*.
- Yu, C., & Chang, H. (2009). Personalized Location-Based Recommendation Services for Tour Planning in Mobile Tourism Applications. In: *Di Noia, T., Buccafurri, F. (eds.) E-Commerce and Web Technologies. LNCS, vol. 5692, Springer, Heidelberg*, 38–49.
- Zaidenberg, S. (2010). Apprentissage par renforcement de modèles de contexte pour l'informatique ambiante. *thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Grenoble - INPG, 2009. HAL Id: tel-00497656 https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00497656 Submitted on 5 Jul 2010*.
- Zaier, Z. (2010). *Modèle multi-agent pour le filtrage collaboratif de l'information*. Thèse de doctorat de l'université du Québec à Montréal.
- Zenebe, A., Ozok, A., & Norcio, A. (2005). Personalized Recommender Systems in e-Commerce and m-Commerce : A Comparative Study. *Proceedings of the 11th International Conference on Human-Computer Interaction*.
- Zervas, P., Gomez, S., Fabregat, R., & Sampson, D. (2011). Tools for context-aware learning design and mobile delivery. *11th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT 2011)*, 331–338.
- Zheng, W.-V., Cao, B., Zheng, Y., Xie, X., & Yang, Q. (2012). Towards mobile intelligence: Learning from GPS history data for collaborative recommendation. *Artificial Intelligence*, 17–37.

Nos articles

- [1] Dennouni, N., Peter, Y., Lancieri, L. et Slama, Z. «To a Geographical Orchestration of Mobile Learning Activities,» *International Journal of Interactive Mobile Technologies (IJIM)*, vol. 8, n° % 12, pp. 35-41, 2014.
- [2] Dennouni, N., Peter, Y., Lancieri, L. et Slama, Z. «Vers une approche Bio-inspirée pour l'orchestration pédagogique des activités mobiles d'apprentissage,» *La 7ème édition de la conférence EIAH (Environnements Informatiques pour l'Apprentissage Humain)*, 2015.
- [3] Dennouni, N., Peter, Y., Lancieri, L. et Slama, Z. «Towards to an Bio-inspired Orchestration of Mobile Learning Activities,» *International Journal of Modern Education and Computer Science (IJMECS)*, vol. 4, n° % 11-11, p. 7, 2015.
- [4] Dennouni, N., Peter, Y., Lancieri, L. et Slama, Z. «Vers une simulation de l'orchestration des activités mobiles d'apprentissage avec Netlogo,» *The second International Conference on New Technologies and Communication March 3-4*, 2015.
- [5] Dennouni, N., Peter, Y., Lancieri, L. et Slama, Z. «Vers un système d'orchestration adaptatif et collaboratif des activités d'apprentissage en mobilité,» *15ème conférence internationale sur l'extraction et la gestion des connaissances / Atelier GAST–Gestion et Analyse de données Spatiales et Temporelles*, 2015.
- [6] Dennouni, N., Peter, Y., Lancieri, L. et Slama, Z. «State of the art on orchestration techniques of mobile learning activities,» *4th International Symposium on Concepts and Tools for knowledge Management (ISKO-Maghreb)*, 2014.
- [7] Dennouni, N., Peter, Y., Lancieri, L. et Slama, Z. «Vers une orchestration décentralisée des activités mobiles d'apprentissage,» *La Conférence Internationale sur l'Intelligence Artificielle et les Technologies de l'Information (ICA2IT'14)*, 2014.

Webographie

[mangotreestudios, 2013] **mangotreestudios**.les différents types d'applications mobiles : avantages et inconvénients

<http://mangotreestudios.fr/blog/les-diff%C3%A9rents-types-d%E2%80%99applications-mobiles-avantages-et-inconv%C3%A9nients-0> (consulté le 15 juillet 2015)

[Wikipédia, 2015a] **Wikipédia**. Global Positioning System.

http://fr.wikipedia.org/wiki/Global_Positioning_System; 2015a.(consulté le 15 juillet 2015)

[Wikipédia, 2015b] **Wikipédia**. Radio-Frequency Identification.

<https://fr.wikipedia.org/wiki/Radio-identification>; 2015b.(consulté le 15 juillet 2015)

[Wikipédia, 2015c] **Wikipédia**. Code QR

https://fr.wikipedia.org/wiki/Code_QR ; 2015c.(consulté le 15 juillet 2015)

[Wikipédia, 2015d]**Wikipédia**. Technologie NFC

https://fr.wikipedia.org/wiki/Communication_en_champ_proche ;2015d.(consulté le 15 juillet 2015)

[Wikipédia, 2015e] **Wikipédia**. Géolocalisation par adresse IP

<https://fr.wikipedia.org/wiki/G%C3%A9olocalisation>;2015e.(consulté le 15 juillet 2015)

Résumé

L'apprentissage mobile est devenu un sujet d'intérêt car il implique de nombreux domaines de recherche concernant les contextes d'usages et de technologie complexes. En effet, ce type de formation a été reconnu pour sa capacité à motiver les apprenants car ils peuvent construire leurs propres connaissances en collaborant avec les autres. Dans ce contexte, l'orchestration des scénarios d'apprentissage mobile permet la gestion en temps réel et la contextualisation des activités à réaliser mais ceci engendre des coûts importants d'organisation. En outre, cette organisation réalisée par l'instructeur est peu adaptée aux méthodes d'apprentissage employées pendant la sortie pédagogique car l'apprenant doit pouvoir garder une certaine maîtrise de ses choix et de son parcours.

Dans cette thèse, nous présentons un nouveau style de recommandation pour faire une orchestration dynamique des activités d'apprentissage en fonction de la localisation des apprenants et de l'historique de la visite. Cette technique s'appuie sur un filtrage collaboratif exploitant l'activité antérieure des apprenants mais en prenant en compte les contraintes pédagogiques et la localisation. Notre approche s'inspire du mode de fonctionnement de l'intelligence en essaim (algorithme ACO) pour l'implémentation de notre système de recommandation des POIs. Outre les simulations qui ont permis de comparer les différentes variantes de recommandations, la validation de notre système SAMSSP passe par l'expérimentation de nos deux prototypes de visite de campus.

Abstract

Mobile learning has become a topic of interest because it involves many areas of research concerning usage contexts and complex technology. Indeed, mobile learning is has been recognized for its ability to motivate learners because they can construct their own knowledge by collaborating with others. In this context, the orchestration of mobile learning allows real-time management and contextualization of activities to do but this results in significant costs of organization. In addition, centralized orchestration is not adapted to the context of our mobile scenario because the learner must be able to keep some control over their choices of learning.

In this thesis, we present a new style of recommendation for a dynamic orchestration of learning activities based on the location of the learners and the history of the visit. This technique is based on a collaborative filtering that exploits prior activity of the learners and that respects the educational and location constraints. Our approach is based on the mode of operation of the Swarm Intelligence (ACO algorithm) for the implementation of our system of recommendation. Besides the simulations that are used to compare the different variants of recommendations, the validation of the SAMSSP system goes through the experimentation of the two prototypes of campus visit.