ÉLODIE EDOH-ALOVÉ

CONCEPTION ET DÉVELOPPEMENT D'UN SERVICE WEB DE CONTEXTE SPATIAL DÉDIÉ AUX TÉLÉPHONES INTELLIGENTS DANS LE CADRE DE JEUX ÉDUCATIFS INTERACTIFS

Mémoire présenté
à la Faculté des études supérieures et postdoctorales de l'Université Laval
dans le cadre du programme de maîtrise en sciences géomatiques
pour l'obtention du grade de Maître ès sciences (M.Sc.)

DÉPARTEMENT DES SCIENCES GÉOMATIQUES
FACULTÉ DE FORESTERIE, DE GÉOGRAPHIE ET DE GÉOMATIQUE
UNIVERSITÉ LAVAL
QUÉBEC

2012

© Élodie Edoh-Alové, 2012

Résumé

Actuellement, avec l'essor de l'informatique ubiquitaire, un intérêt grandissant est porté à l'exploitation du contexte de l'utilisateur pour une adaptation des applications et de leur contenu à ses besoins et activités en temps réel, dans divers domaines (tourisme, maisons intelligents, hôpitaux). De cet intérêt résulte bon nombre de projets traitant la définition et l'élaboration de modèles de contexte et de plateformes de gestion dudit contexte. Dans le cadre du projet GéoÉduc3D, l'utilisation du contexte pour l'amélioration de l'aspect immersif et interactif de jeux éducatifs revêt un intérêt certain. Ce cadre applicatif (jeux éducatifs, réalité augmentée, téléphones intelligents) est complètement différent et amène la question de l'interopérabilité peu abordée dans les précédents travaux. Nos travaux ont donc pour objectif de concevoir et d'implémenter une solution informatique dédiée à l'acquisition et à la diffusion de contexte spatial dans un environnement multi-joueurs sur et pour des téléphones intelligents. Dans ce but, nous proposons tout d'abord une nouvelle définition et une modélisation du contexte spatial adapté à notre cadre particulier. Ensuite, nous présentons l'architecture d'un système orienté service pour la gestion de cette information contextuelle. Afin de tester notre approche, un prototype de service Web a été élaboré selon trois fonctions principales : récupération des informations auprès des téléphones intelligents ; enregistrement des données dans la base de données et interrogation flexible en mode synchrone ou asynchrone des données. Ce travail de recherche ouvre ainsi la voie à la conception et au développement d'applications de jeux éducatifs, destinées à n'importe quel type de téléphone intelligent, sensible au contexte spatial des joueurs dans un environnement multi-joueurs.

Abstract

Currently, with the rise of ubiquitous computing, one is growing interest in using the user context, for adapting applications and their contents to users' needs and activities in real time, in different fields (tourism, smart homes, and hospitals). Many projects dealing with the definition and context models and management platforms have emerged. In the GeoEduc3D project, exploiting the context to improve the immersive and interactive aspects of interactive educational games is to be explored. This particular application framework (serious games, augmented reality, smart phones) is completely different and brings the issue of interoperability, which was not really addressed in previous work. Therefore, our work aims to design and implement a solution dedicated to the acquisition and dissemination of spatial context in a multi-players environment on and for smart phones. For this purpose, we first propose a definition and modeling of spatial context. Then we define the architecture of a service-oriented system for managing that information. To test our approach, a Web service prototype was developed according to three main functions: retrieving information from smart phones, storing data in the database and query flexible synchronous or asynchronous data. This research opens the way for the design and development of context-aware serious games applications for any type of smart phone, in a multiplayer environment.

Avant propos

Ce mémoire avec insertion d'articles comporte deux publications. L'une a été soumise, acceptée, présentée et publiée dans le cadre d'une conférence avec comité de lecture (Conférence Internationale de Géomatique et Analyse Spatiale 2010-SAGEO'10) tandis que l'autre a été soumise à une revue avec comité de lecture (Revue Internationale de Géomatique) et est en processus de lecture. Tout comme ce mémoire, les deux articles ont été rédigés par l'étudiante (Elodie Edoh-Alové) qui en est donc l'auteure principale ainsi que la responsable de leurs soumissions et de la présentation durant la conférence. Frédéric Hubert et Thierry Badard, respectivement le directeur et le codirecteur de ce projet de maîtrise sont les coauteurs des articles et ils ont eu à apporter leurs conseils sur la recherche et la rédaction, ils ont eu également à lire les textes et ont fait des propositions de correction et d'amélioration avant soumission. Bien que le texte des articles ait été présenté intégralement dans le mémoire, quelques modifications mineures ont été apportées sur la forme afin de respecter la mise en page du mémoire (mise en forme, modification de la numérotation des sections et des figures/tableaux, format du texte, des citations et de la bibliographie, changement de quelques mots pour l'appel des figures et les renvois). Le contenu reste malgré tout identique à ce que nous retrouvons dans les versions ayant fait l'objet d'une soumission/publication.

Les articles insérés sont les suivants :

Article du chapitre 3 :

Edoh-Alove, E., Hubert, F., Badard, T., 2010 « Vers la conception d'un service Web de contexte spatial dédié aux téléphones intelligents dans le cadre de jeux éducatifs interactifs. » *dans SAGEO 2010, Outils, Méthodes et Modèles en Géomatique pour la production de connaissances sur les territoires et le paysage (CD-ROM),* Toulouse, France.

Auteurs : Elodie Edoh-Alové, Frédéric Hubert, Thierry Badard

Résumé: GéoÉduc3D est un projet qui vise à élaborer des jeux éducatifs interactifs, pour téléphones intelligents, basés sur les sciences géomatiques et exploitant la réalité augmentée pour rendre ces jeux plus immersifs. Pour améliorer l'aspect immersif et interactif de ces jeux, nous nous sommes concentrés sur l'exploitation du contexte dans ce cadre applicatif. Des travaux de recherche se sont déjà orientés vers la définition et l'élaboration de modèles de contexte et de plateformes de gestion dudit contexte. Cependant, le cadre applicatif diffère et l'interopérabilité n'a pas été vraiment explorée. Nos travaux ont pour objectif de concevoir et d'implémenter une solution informatique dédiée à l'acquisition et à la diffusion de contexte spatial dans un environnement multi-joueurs sur et pour des téléphones intelligents. Dans cet article, nous présentons notre définition de contexte spatial, une modélisation du contexte, l'architecture de notre système orienté service pour la gestion du contexte spatial et enfin une discussion sur de futurs travaux.

Article du chapitre 4 :

Edoh-Alove, E., Hubert, F., Badard, T., « WSCS : un service Web de contexte spatial dédié aux téléphones intelligents dans le cadre de jeux éducatifs».
Il a été soumis à la Revue Internationale de Géomatique en Décembre 2011.

Auteurs : Elodie Edoh-Alové, Frédéric Hubert, Thierry Badard

Résumé: Le projet GéoÉduc3D vise à proposer des jeux éducatifs pour téléphones intelligents, basés sur les sciences géomatiques et exploitant la réalité augmentée pour rendre ces jeux plus immersifs. Pour améliorer l'aspect immersif et interactif de ces jeux, nous nous sommes concentrés sur l'exploitation du contexte spatial dans ce cadre applicatif particulier (jeux éducatifs, réalité augmentée, téléphones intelligents, environnement multi-utilisateurs). Nos travaux ont ainsi conduit à la conception d'une solution informatique dédiée à la gestion du contexte spatial dans

un environnement multi-joueurs sur et pour téléphones intelligents. Plusieurs contributions ont ainsi été réalisées : modélisation du contexte spatial ; proposition d'une architecture orienté services pour gérer ce contexte ; définition d'un service web de contexte spatial (WSCS) et implémentation d'un prototype WSCS ainsi qu'un client mobile selon un scénario de jeu « environnemental » exploitant l'application géo-sociale FourSquare.

Remerciements

Tout a commencé quand j'étais encore à l'École Hassania des Travaux Publics (EHTP, Maroc) où j'ai vécu mes plus belles années d'études dans un environnement stimulant, rempli de défis, de dépassement de soi, de connaissances nouvelles et surtout de personnes très affectueuses et méritantes. Malgré les années écoulées, je garde encore en moi chaque petit impact que chacune de ces personnes a eu sur ma vie et je sais que c'est en partie grâce à elles que je suis arrivée où j'en suis actuellement.

Je tiens donc à remercier sincèrement messieurs Fadil, Brirchi et Hatimi, à la fois enseignants, modèles et encadreurs, pour m'avoir transmis leur passion pour la géomatique en même temps qu'ils me donnaient une formation de très bon niveau qui, non seulement a suscité en moi la soif d'en apprendre beaucoup plus, mais m'a aussi m'a permis d'être admise à l'Université Laval dans le programme de maîtrise du département des Sciences Géomatiques (*mon rêve !!*).

Je remercie Astou pour m'avoir fait découvrir ce programme, mes compagnons d'études Manal, Lalla, Khaoula, Meryem, Momo, Jacques et Koko pour m'avoir poussé à me dépasser et à viser l'excellence, le tout dans un environnement de saine compétition. Mention spéciale à la France pour m'avoir refusé le visa long séjour indispensable pour intégrer l'ENSG où je devais faire une double diplomation.

Ceci dit, traverser l'Atlantique et venir vivre ici, à Québec, pendant ces deux ans, sans souci de moyens financiers, n'aurait pas été possible sans le solide soutien financier et culturel de l'ACDI et des gentilles personnes qui y travaillaient dans le cadre du PCBF. Merci du fond du cœur à Maman Jeanne, Cholace, Alexandra et Alou. Merci aussi au personnel de l'agence d'intégration culturelle, à la gentille dame du BBAF dont je n'ai jamais su le nom, qui nous délivrait notre chèque chaque mois, et à tous les boursiers avec qui j'ai partagé cette expérience.

Une autre personne que je tiens absolument à remercier et sans qui je n'aurais pas obtenu rapidement mon admission est mon directeur de recherche, le Dr. Frédéric Hubert. Fred, tu m'as proposé un sujet d'actualité et très passionnant, un sujet de « geek » comme mes amis aiment dire, tu m'as accueilli tout sourire et n'a eu de cesse de me prodiguer conseils, aide, encouragements en plus de me partager tes connaissances à plusieurs niveaux pendant deux longues années et encore maintenant. Je suis vraiment fière d'avoir été la première étudiante que tu aies dirigée. Accepte ma gratitude, mes plus sincères remerciements et ma bénédiction pour toi, ta conjointe et ton petit Arnaud.

Je remercie aussi toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin, à mon travail et à ma formation. Il s'agit du Dr. Thierry Badard, codirecteur et enseignant de mes principaux cours, dont l'apport a été primordial dans l'orientation de mon sujet, de Sylvie Daniel, de Nicholas Chrisman, et de Rob Harrap. Tout ce beau monde comme par hasard travaille avec le réseau GEOIDE qui a également contribué au financement de mon projet à travers le support des coûts des voyages pour assister à des conférences. En effet, j'ai eu le privilège de voyager à plusieurs endroits, notamment à Calgary, Toulouse, Fernie et Toronto pour y présenter mes travaux.

Merci à Monsieur Hervé Martin, professeur en informatique et directeur du laboratoire d'informatique de Grenoble en France pour avoir accepté d'être examinateur externe de mon mémoire.

J'ai partagé de très bons moments avec mes collègues étudiants tant dans les locaux du Casault que lors de nos 5 à 7 et autres sorties et soupers dans la ville de Québec : Alborz, Vincent, Mamadou, Eve, Guillaume, Mathieu P., Mathieu B., Eric, Mojgan & Kyarash, Édith, Hedia, Eugénie, J-R, Jean. Vous aurez toujours une belle place dans mon cœur. Un gros merci à vous et aussi à Carmen et Danielle ainsi qu'à leurs familles pour les soupers et la traditionnelle raquette à Neuville. Vous avez tous rendus mon séjour à Québec très enrichissant et agréable. Merci aussi à ceux

que j'ai rencontré lors des conférences et qui sont devenus des amis, entre autres Blake, Greg, Wook, Ron T. et Ron.

J'aimerais remercier ma famille : ma mère qui m'a toujours soutenue, conseillée et inspirée, mon père qui, malgré son absence dans ma vie, a toujours su répondre positivement à mes SOS, mon grand frère qui a toujours suivi mon évolution tout en aplanissant le chemin quand il le pouvait et enfin ma grande sœur qui m'a toujours chérie, écoutée, couverte d'attention et de cadeaux (*dont de superbes vacances à Paris*) qui font chaud au cœur.

Mes grâces vont également à ma famille québécoise, la famille Choux : Nachoux Machoux, Rachoux, Prichoux, Akin et Serge. Sans vous, je ne sais vraiment pas si j'aurais tenu moralement durant ces années. Vous avez créé autour de moi une grosse bulle d'amour, remplie de douceur, de chaleur et d'entraide. Vous m'avez portée à bout de bras et je suis plus qu'heureuse et reconnaissante de vous avoir connu. Une pensée spéciale pour mes amis de Québec que j'aime tendrement, Déborah, Rokya, Pertine, Marie-Louise, Johanne & Patrick et Céliane, pour le chœur Gospel Chœur et Christ, la chorale Marie-Guyart et pour toute la communauté chrétienne catholique de l'Université Laval.

A travers tous ces remerciements, c'est à Dieu que j'adresse ma profonde gratitude. Merci Seigneur pour m'avoir conduite ici, pour avoir mis toutes ces personnes sur ma route et pour être simplement présent partout dans l'univers et surtout à mes côtés durant ce fameux parcours.

Musique écoutée pendant la rédaction : Adele, Whitney Houston, Tabitha Lemaire, Hillsong, Omar B, compil de musiques religieuses.

Table des matières

Résumé i

Abstract.....ii

Avant propos iii

Remerciements vi

Introduction 1

1.1 Mise en contexte 1

1.2 État de l'art..... 5

1.2.1 Concepts liés au contexte..... 6

1.2.2 Mobilité..... 20

1.2.3 Réalité augmentée..... 30

1.3 Problématique..... 34

1.4 Objectifs 36

1.5 Méthodologie..... 38

1.6 Organisation du mémoire..... 40

Revue de l'existant.....42

2.2. Approches de modélisations de données de contexte 43

2.3. Architectures de systèmes sensibles au contexte 47

2.3.1. Approches d'acquisition de contexte 48

2.3.2. Architecture en couches 50

2.3.3. Plateformes sensibles au contexte..... 52

2.3.3.1. Context Toolkit 53

2.3.3.2. Le projet Hydrogen..... 55

2.4. Conclusion du chapitre 56
Définition et modélisation du contexte 57
3.1. Contributions 57
3.2. Corps de l'article 57
3.3. Compléments à l'article 78
3.4. Conclusion du chapitre 84
Service Web de Contexte Spatial : Conception et prototypage 86
4.1. Contributions 86
4.2. Corps de l'article 87
4.2.1. Introduction 88
4.2.2. Modélisation du contexte spatial 92
4.2.2.1. Définitions de contexte, contexte spatial 92
4.2.2.2. Modélisation du contexte spatial 94
4.2.3. Conception du service web de contexte spatial (WSCS) 96
4.2.3.1. Analyse fonctionnelle du système 96
4.2.3.2. Architecture et fonctionnement 99
4.2.4. Web Spatial Context Service (WSCS) 103
4.2.4.1. Contrat de service 103
4.2.4.2. Encodage de la réponse 106
4.2.5. Prototypage 108
4.2.5.1. Scénario de jeu: EcoSquare 109
4.2.5.2. Environnement d'implémentation 112
4.2.5.3. EcoSquare et WSCS en action 116

4.2.6. Conclusion/perspectives 121
4.2.7. Bibliographie partielle..... 122
4.3. Compléments à l'article..... 126
4.4. Conclusion du chapitre..... 136
Conclusion et perspectives.....137
5.1. Retour sur les objectifs du projet et la recherche effectuée..... 137
5.2. Contributions de la recherche 140
5.2.1. Définition et modélisation du contexte spatial 140
5.2.2. Architecture de gestion du contexte spatial 140
5.2.3. Encodage en JSON/XML et contrat de service..... 141
5.2.4. Ecosquare..... 142
5.3. Perspectives..... 142
Bibliographie 145
Annexe A : Scénario EcoSquare - diagrammes de cas d'utilisation UML 152
Annexe B : Comparaison des outils existants pour le développement d'applications web mobile 155

Liste des figures

Figure 1 : Diagramme définissant le contexte spatial inspiré de (Li, 2007) _____11

Figure 2 : Application Métro Paris sur iPhone et iPod Touch _____32

Figure 3 : Diagramme montrant la méthodologie appliquée dans le but de proposer un système pour l'exploitation du contexte spatial (RA, Jeux, Mobiles) sur des téléphones intelligents dans le cadre de jeux éducatifs interactifs. _____38

Figure 4 : Architecture en couches: Principe et exemple _____51

Figure 5 : Le Context Toolkit de Dey (Dey et Abowd, 2001) _____54

Figure 6. Définition du contexte spatial (RA, Mobile, Jeux), adaptée de (Li, _____66

Figure 7. Architecture du système de gestion de données contextuelles spatiales. _73

Figure 8 : Architecture du système de gestion de données contextuelles spatiales. _____ 101

Figure 9 : Architecture technique d'implantation du prototype_____ 113

Figure 10 : Captures écran de l'application cliente EcoSquare _____ 115

Figure 11: Le client EcoSquare avec l'onglet EcoChamp _____ 118

Figure 12: Exemple d'exécution de la requête GetContextFeature _____ 119

Figure 13: Exemple d'exécution de la requête GetContextFeature avec Filter ____ 120

Figure 14 : Client Ecosquare avec exploitation de la réponse à une requête GetContextFeature avec Filter _____ 121

Figure 15: Diagramme de séquences du processus d'authentification mis en œuvre _____ 129

Figure 16 : Réponse de la requête getCapabilities._____ 133

Figure 17 : Cas d'utilisation UML du jeu EcoSquare_____ 152

Figure 18 : Cas d'utilisation UML de la carte EcoChamp _____ 153

Figure 19 : Cas d'utilisation UML d'Écolieux _____ 154

Liste des tableaux

Tableau 1 : Modèle descriptif (détaillé) TILES pour les propriétés de l'Information Contextuelle dans le cadre d'applications mobiles touristiques _____16

Tableau 2 : Tableau comparatif des caractéristiques de l'iPhone 4S et du Samsung Galaxy S2 _____25

Tableau 3 : Étude comparative des trois types de représentation de données contextuelles (Benazzouz et al., 2010). _____47

Tableau 4 : Modèle descriptif du contexte spatial (RA, Jeux, Mobile) _____70

Tableau 5: Tableau comparatif des techniques de représentation de la donnée sous forme structurelle. _____81

Tableau 6 : Modèle descriptif du contexte spatial (Edoh-Alove et al., 2010). _____95

Tableau 7 : Exemples de réponses encodées en JSON et en XML _____ 108

Tableau 8 : Tableau descriptif de cas d'utilisation du jeu EcoSquare _____ 111

Tableau 9 : Tableau décrivant les interfaces du client Ecosquare _____ 135

Tableau 10: Comparaison des cadres de développement d'application Web mobile _____ 155

Chapitre 1

Introduction

Dans ce premier chapitre, nous faisons tout d'abord une mise en contexte de notre projet de recherche (cf. section 1.1). Nous y expliquons le cadre et les motivations d'un tel projet. Par la suite, nous faisons un état de l'art des concepts des domaines (cf. section 1.2) auxquels nous toucherons de même qu'une revue des travaux de recherche existants, pour finalement présenter la problématique (cf. section 1.3) de recherche identifiée ainsi que les objectifs spécifiques (cf. section 1.4) à atteindre et la méthodologie (cf. section 1.5) adoptée pour ce faire. Afin d'encadrer le déroulement du projet de recherche dans le temps, un échéancier a été défini et est présenté dans ce même document (section 1.6).

1.1 Mise en contexte

Ces dernières années, la population mondiale est de plus en plus en attente d'un accès permanent et constant à l'information. Avoir les bonnes informations quelque soit l'endroit où l'on se trouve et à tout moment est même devenu une nécessité. Il en résulte un développement fulgurant du domaine de la mobilité où on voit apparaître des terminaux toujours plus performants et diverses applications destinées à tout un panel hétérogène d'utilisateurs selon leurs besoins. Un intérêt plus important est alors porté à l'utilisateur qui se retrouve au centre des préoccupations des développeurs. En effet, dès la deuxième moitié des années 1990 jusqu'à l'heure actuelle, on voit l'émergence d'un nombre grandissant d'applications pour appareils mobiles qui prennent en compte de façon dynamique les informations et les changements de l'environnement (social, spatial etc.) des

utilisateurs (Ex : Le Cyberguide de (Abowd et al, 1996), l'application Métro de Paris[1]) dans le but de satisfaire toujours plus ces derniers en leur offrant des applications riches et plus adaptées à leurs besoins avec une interaction Homme-Machine améliorée, diversifiée, personnalisée et simplifiée.

Pour comprendre l'intérêt résidant dans le fait qu'une application soit capable de détecter et prendre en compte l'environnement d'un utilisateur, prenons l'exemple simple d'une personne qui aimerait visiter un lieu particulier (ex. bâtiment de type musée ou zone plus étendue comme une ville). On met à la disposition de cette personne une application mobile qui l'aiderait à se guider durant sa visite. Une telle application, si elle n'était pas consciente de l'environnement de l'utilisateur, se résumerait à une simple carte touristique couplée à un guide touristique sous forme de livre. Cependant, en la rendant capable d'exploiter des informations comme la position de l'utilisateur et ses préférences (ex. distance maximale de 100m), elle pourrait lui donner par exemple des informations sur les objets visités dans le lieu, ou lui indiquer les restaurants ou magasins les plus proches selon sa localisation et ses préférences. Il s'agit là d'exemples d'exploitation du contexte spatial de l'utilisateur.

Le projet GéoÉduc3D, financé par le réseau des centres d'excellences GÉOIDE, vise à mettre à la disposition des adolescents des jeux interactifs éducatifs sur appareils mobiles, basés sur les sciences géomatiques. C'est un projet innovant qui a pour finalité de proposer des jeux interactifs éducatifs, s'appuyant sur les technologies géospatiales et explorant des questions thématiques auxquelles le jeune public des adolescents est sensible : les changements climatiques; le développement durable. GéoÉduc3D vise à concevoir et à mettre en œuvre un ensemble d'outils d'apprentissage innovants qui vont permettre d'enrichir - « augmenter » - l'expérience (i.e. l'apprentissage ludique) du joueur en rendant le jeu

[1] http://www.metroparisiphone.com/, accédé en Janvier 2010

plus immersif, réactif, interactif." (GéoÉduc3D, 2006). Parmi les nombreux objectifs scientifiques visés par le projet GéoÉduc3D, nous pouvons retrouver la proposition de nouvelles méthodes permettant l'exploitation de l'information de mobilité et du contexte spatial dans les jeux. Afférent à ce projet dans lequel s'inscrivent nos travaux, il s'avère très intéressant et enrichissant d'accorder une attention particulière à l'exploitation du contexte spatial du joueur. En effet, l'idée est que cela permettrait de rendre, entre autres, le jeu plus immersif en personnalisant l'affichage des appareils mobiles avec de nouvelles informations ou données adaptées (RA) au contexte direct de l'utilisateur. À titre d'exemple, l'information sur la position et l'orientation du joueur pourrait être utilisée pour lui proposer une panoplie d'objets virtuels qui correspondent à ses préférences ou à son rôle dans le jeu. Cela permettrait aussi par exemple d'interagir avec d'autres joueurs qui se trouveraient à une certaine distance. Les possibilités sont multiples pour l'exploitation du contexte spatial dans le cadre d'applications de ce type.

L'intérêt d'exploiter le contexte spatial pour des jeux éducatifs sur téléphones mobiles est donc d'actualité et d'intérêt. En outre, dans les nombreux travaux conduits sur les applications et systèmes conscients du contexte, aucun n'a été orienté vers le contexte spatial dans le cadre de jeux éducatifs sur plateformes mobiles. Les premières exploitations du contexte en mobilité ne sont apparues que vers la fin des années 1990, début des années 2000 ; la plateforme mobile privilégiée jusqu'à récemment étant le Personal Digital Assistant (PDA) (Abowd et al., 1997; Chen et al., 2004; Keidl et al., 2004; Zhumagulova et al., 2007).

De ce fait, évoquer le contexte spatial sur des plateformes mobiles de type téléphone intelligent dans le cadre de jeux interactifs éducatifs fait ressurgir certains éléments essentiels qui viennent encore plus appuyer l'intérêt de nos travaux de recherche et sa particularité, en lien avec le projet GéoÉduc3D. Ces éléments essentiels sont :

- *Les plateformes mobile émergentes comme les téléphones intelligents ou les*

tablettes : les différents téléphones intelligents (smartphone en anglais), type iPhone ou basé sur Android OS, existant sur le marché, offrent à l'heure actuelle une combinaison adéquate des caractéristiques techniques (taille de l'écran, puissance de calcul, outil d'interaction et exploitation de la localisation) attendues pour le déploiement de tels jeux, contrairement aux solutions Personal Digital Assistant (PDA) et consoles portables de jeu (Nintendo DS, Sony PSP).

- *Le côté éducatif des jeux*: on parle aussi de « Serious Game »; les jeux qui font l'objet de ce projet ont avant tout une vocation pédagogique. Il s'agit surtout de rendre ludique et attractif l'acquisition de notions ayant trait à l'environnement et au changement climatique par le jeune public.

- *Les jeux sont basés sur les sciences géomatiques*: cet aspect est important car, d'une part, l'un des objectifs généraux du projet GéoÉduc3D est de vulgariser les sciences géomatiques et, d'autre part, la dimension spatiale a une place prépondérante tant au niveau de la définition du contexte du joueur qu'au niveau de l'acquisition et de l'exploitation des informations de contexte.

- *La réalité augmentée* (voire section 1.2.3): L'utilisation des techniques de réalité augmentée sur téléphones intelligents vise à rendre les jeux encore plus attractifs et immersifs. Elle permet de proposer au joueur des informations textuelles, sonores et visuelles sous forme d'objets virtuels avec lesquels ils peuvent interagir. Cet aspect peut être abordé ici à deux différents niveaux : soit au niveau de la définition du contexte du joueur en se concentrant sur les informations contextuelles (Ex : Points d'intérêts) qu'il amène (Cf. section 1.2.3.2), soit au niveau de l'acquisition des informations contextuelles pouvant provenir des interactions du joueur avec les objets de RA, en se concentrant sur les nouveaux modes d'interaction (par exemple la détection des mouvements) qu'il pourrait être nécessaire de prendre en compte au niveau de l'acquisition explicite des informations. L'impact le plus significatif de cet

aspect sur la complexité de notre étude viendrait du deuxième niveau puisqu'il demanderait d'aller plus loin dans le domaine de la RA qu'un simple inventaire des types de données contextuelles utiles.

- *L'environnement multi-joueurs* : Nous sommes en présence d'un environnement social constitué de plusieurs joueurs, regroupés ou non en équipes, interagissant avec la même application de jeu, chacun sur sa plateforme mobile. Nous devons ainsi gérer non pas un seul contexte mais plusieurs contextes particuliers qui constituent également un contexte global (par exemple contexte d'une équipe ou contexte à un niveau spatial local -campus- ou plus étendu-ville). L'enjeu se situe donc au niveau de l'acquisition de tous ces contextes, à leur gestion centralisée sans perte de la source (utilisateur-appareil) et à leur partage qui ne peut être effectué efficacement en simple pair à pair entre duos d'appareils (en raison notamment de la capacité de stockage limitée des appareils et de la complexité engendrée au niveau de l'acquisition de tous les contextes nécessaires à un instant t).

Ainsi, en se basant sur l'analyse de ces différents éléments, ce projet de maîtrise permettrait de définir un nouveau modèle de contexte spatial adapté aux différentes formes d'informations contextuelles disponibles, accessibles et exploitables dans un tel cadre. Un tel modèle pourrait alors être intégré dans un outil de gestion des données qui assurerait leur acquisition et leur diffusion vers les applications de jeu sur les différentes plateformes mobiles de l'environnement multi-joueurs.

1.2 État de l'art

Comme mentionné dans la section 1.1, l'intérêt majeur de ce projet porte sur le contexte spatial dans le cadre de jeux interactifs éducatifs pour téléphones intelligents. Ce projet se situe donc au carrefour de trois grands domaines

scientifiques à savoir : (1) Contexte, (2) Mobilité, et (3) Réalité Augmentée.

Afin de cerner ces domaines d'intérêt et de faire un état des connaissances existantes tant dans ces domaines qu'à leurs croisées (contexte et mobilité, mobilité et Réalité augmentée, etc.), nous avons fait un tour d'horizon des concepts et technologies se trouvant dans la littérature. En première partie de cet état de l'art (sous-section 1.2.1), nous présenterons les notions liées au contexte (1) et au contexte spatial relativement ou non à la mobilité et aux jeux éducatifs. Ensuite à la sous-section 1.2.2, nous parlerons du domaine de la mobilité essentiellement d'un point de vue technologique (2). La sous-section 1.2.3 pour finir, fera une synthèse des connaissances sur la Réalité Augmentée (3) en mobilité.

1.2.1 Concepts liés au contexte

Cette section se propose de répondre aux questions suivantes : Que désigne-t'on exactement par contexte, contexte spatial? Quelle(s) particularité(s) apporte(nt) les dimensions « jeux » et « réalité augmentée » à la notion de contexte ? Quels sont les travaux et les dernières avancées effectuées en termes d'applications mobiles conscientes du contexte ces dernières années?

1.2.1.1 Notion de Contexte

Différentes propositions de définition ont été émises dans les années 1990. (Schilit et Theimer, 1994) définissaient en premier le contexte d'un utilisateur comme étant le lieu, les identités des objets et personnes voisines et tous les changements sur ces objets. Pour (Brown et al., 1997), le contexte est identifié par le lieu, l'identité des personnes autour de l'utilisateur, le moment de la journée, la saison, la température, etc. D'autres comme (Pascoe et al., 1998) ou encore (Dey, 1998) ont rajouté des critères comme l'heure, l'identité de l'utilisateur, son état émotionnel, son degré d'attention et son orientation. Ces définitions demeurent peu efficaces dans la mesure où elles ne sont pas assez générales. En effet, elles sont

faites à partir d'exemples d'informations de contexte et tant qu'un élément n'est pas listé dans la définition, il est difficile d'appliquer cette dernière pour dire si oui ou non ledit élément fait partie du contexte. Certaines définitions se sont davantage basées sur les synonymes. (Ward et al., 1997) diront par exemple que le contexte est l'état de l'environnement de l'application.

L'une des définitions les plus pertinentes fut celle avancée par (Dey, 2000) dans la suite de ses travaux. Selon lui, le contexte serait « toute information qui peut être utilisée pour caractériser la situation d'une entité, une entité pouvant être une personne, un lieu ou un objet qui est considéré comme approprié dans l'interaction entre un utilisateur et une application (les deux inclus) » (traduction libre de la citation de Dey).

Par lieu, on entend les espaces géographiques comme les chambres, les bureaux, les immeubles ou les rues; une personne pouvant être un individu ou un groupe d'individus géographiquement dispersés ou réunis; et un objet fait référence soit à un objet physique, soit à un composant logiciel.

Le contexte ainsi défini, (Dey et Abowd, 2001) ont proposé une classification des informations de contexte en 4 catégories essentielles:

- ✓ *Identité* : l'identité fait référence à l'habilité à assigner un identifiant unique à une entité.
- ✓ *Localisation* : cela va plus loin que le simple positionnement en 2D d'une entité. Cette catégorie inclut aussi bien l'orientation que l'élévation de l'entité et toutes les informations qui peuvent servir à déduire les relations topologiques entre entités.
- ✓ *Statut ou activité :* cette catégorie identifie pour une entité les caractéristiques intrinsèques auxquelles une application peut être sensible. Pour un lieu, cela peut être la température, le niveau de bruit ou encore la lumière ambiante. Pour une personne, ces caractéristiques

peuvent se retrouver dans des facteurs physiologiques comme les signes vitaux, la fatigue ou l'activité entreprise par la personne. Aussi pour un groupe, cela peut être leur état d'esprit global ou une description de leur activité (exemple, réunion). Dans le cas d'un composant logiciel, le statut peut faire référence à tout attribut qui peut être interrogé.

- ✓ *Temps :* le temps constitue une information de contexte car il permet de caractériser une situation. Il est le plus souvent utilisé en combinaison avec les autres informations de contexte en indiquant la durée ou l'instant où ces dernières sont connues et utilisables. Dans certains cas, il est suffisant de juste connaître l'ordre relatif d'évènements ou une causalité.

1.2.1.2 Notion de Sensibilité au Contexte

La notion de « sensibilité au contexte » a été introduite par (Schilit et Theimer, 1994) comme étant l'habilité qu'ont les applications mobiles à découvrir et réagir aux changements de l'environnement où ils sont localisés. Pour (Hristova, 2008), un système (ou une application) est dit sensible au contexte s'il est conçu pour réagir aux changements constants dans l'environnement.

Pour (Dey, 2000), un système est sensible au contexte s'il utilise le contexte pour fournir des informations pertinentes et/ou des services à l'utilisateur, la pertinence dépendant de la tâche de l'utilisateur.

Tandis que ces définitions restent assez vague sur comment les applications découvrent ou captent les changements de l'environnement, (Pascoe, et al. 1998) proposent une définition plus enrichissante en disant que c'est la capacité à détecter, rassembler, interpréter et réagir aux changements du contexte dans l'environnement de l'utilisateur et aux changements dans son appareil.

Selon nous, on peut dire d'un système (ou une application) qu'il (ou elle) est

conscient(e) du contexte s'il (ou elle) est conçu(e) pour acquérir, stocker, interpréter les données contextuelles afin de fournir les services et les informations répondant aux besoins de n'importe quel utilisateur à tout moment et n'importe où, utilisateur pouvant désigner une personne, une application ou un appareil.

Une telle application sur un téléphone intelligent serait capable, par exemple, de récupérer la position de l'utilisateur (par GPS), son âge et sa citoyenneté (par saisie textuelle via formulaire), le moment de la journée (avec heure système récupérée de l'appareil), de stocker quelque part ces informations et de lui proposer en temps réel, à la demande, des renseignements (comme les restaurants ouverts) se trouvant dans son environnement proche et qui répondrait à un besoin particulier (comme servir de la nourriture de son pays d'origine).

Avant de continuer sur le contexte spatial, nous allons rapidement évoquer la notion assez populaire de « Location Based Service » (LBS) et voir en quoi elle rejoint ou s'éloigne de celle de système sensible au contexte.

Location Based Service (LBS)

D'après (Junglas et Watson, 2008), un « Location-based service » est « tout service qui prend en compte la localisation géographique d'une entité. » (Traduction libre de la définition de Junglas et al.). Cette entité peut être humaine ou non-humaine (ex : un immeuble). L'OGC (OGC, 2005) propose aussi une définition qui désigne un LBS comme étant un « service qui utilise l'information géographique pour servir l'utilisateur mobile. C'est tout service qui exploite la position d'une plateforme mobile. ». L'idée derrière ce système est d'assister l'utilisateur dans sa navigation en lui permettant de répondre aux questions : « Où suis-je? », « Qu'est ce qu'il y a autour de moi? » sous toutes leurs déclinaisons (« Comment me rendre à tel lieu? », « Quel restaurant est plus proche de moi? », etc.). Il est évident que la position est un aspect important du contexte de l'utilisateur. Cependant cela reste qu'il n'en constitue qu'une partie. Savoir que je suis proche d'un McDonald ne dit pas si je vais prendre un hamburger ou si je ne fais que passer. Ça ne dit pas non plus si

j'aime les hamburgers ou si je suis végétarien. De plus, aucune information n'est connue sur l'appareil utilisé. En reprenant l'exemple proposé au paragraphe précédent, un LBS serait par exemple capable de proposer à l'utilisateur tous les restaurants qui lui sont proches mais ne peut pas aller jusqu'à ne lui proposer que ceux qui servent sa nourriture préférée en prenant en compte ses goûts personnels. Il faut donc faire attention car tout service conscient du contexte est avant tout une sorte de « location-based service » mais un simple « location-based service » n'est pas conscient du contexte de l'utilisateur au-delà de sa position. Cette nuance est très importante car c'est ce qui différencie totalement les deux systèmes.

1.2.1.3 Notion de Contexte Spatial

La notion de « contexte spatial » relative à celle de contexte présentée à la section 1.2.1.2 ne se retrouve pas en tant que tel dans la littérature. Cependant, dans la plupart des travaux (Ackay et Altan, 2007; Dey et Abowd, 2001; Chaari et al., 2005; Euzenat et al., 2008; Van Setten et al., 2004; Franck, 2003; Petit, 2010) menés sur les applications sensibles au contexte, la dimension localisation (localisation de l'utilisateur) peut être vue comme l'aspect spatial du contexte. Chez (George et Lekira, 2009; Yang, 2003) cet aspect spatial prend aussi en compte les places ou les positions des autres utilisateurs se trouvant dans l'environnement relatif de l'utilisateur. De manière plus théorique, en se basant sur la classification de (Dey, 2001) (cf. section 1.2.1.1), le contexte spatial pourrait faire référence à toute information pouvant appartenir à la catégorie localisation. On y retrouverait non seulement la position 2D d'une entité (utilisateur, lieu ou appareil), mais aussi l'orientation, l'élévation, et toute autre information pouvant servir à déduire les relations topologiques entre les entités. En 2007, (Li, 2007) propose une définition de contexte géographique (spatial), dans le cadre d'une réflexion sur l'Information Géographique Ubiquitaire en trois catégories (Cf. Figure 1): le contexte spatial dynamique, le contexte spatial statique et le contexte spatial interne.

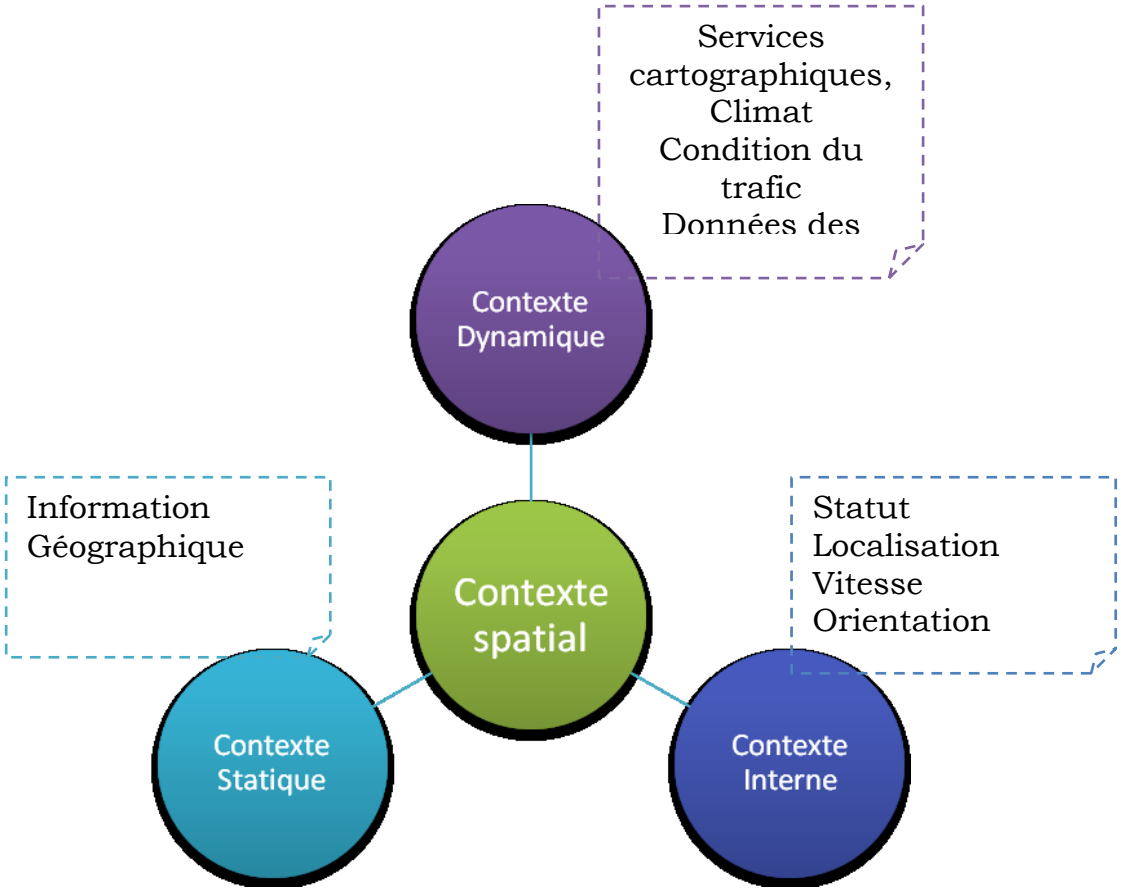


Figure 1 : Diagramme définissant le contexte spatial inspiré de (Li, 2007)

Afin d'expliquer par l'exemple cette définition constituée de 3 types de contexte spatial, nous allons prendre le cas d'un joueur devant se déplacer dans une ville pour collecter des objets virtuels cachés dans certains bâtiments. Son application de jeu lui permet de localiser les bâtiments à proximité (comme les immeubles scolaires, les magasins, les parkings etc.), susceptibles de contenir l'objet recherché à un moment donné en temps réel, et lui fournit par exemple des informations sur le trafic routier et les chemins optimaux à prendre pour arriver le plus vite possible à sa destination en bonus.

Les éléments du contexte spatial identifiés sont les suivants:

Contexte statique : Cela correspond à des informations géographiques qui peuvent avoir un impact sur l'environnement de l'utilisateur et qui sont majoritairement stockées dans une base de données géographiques. Des exemples d'informations contextuelles statiques sont alors le réseau routier, les bâtiments, les magasins et stations d'essence, les structures intérieures (salles, bureaux, appartements, …), les lots de parking.

Contexte dynamique : Les informations contextuelles spatiales dynamiques sont collectées au travers de capteurs disposés à différents endroits dans l'environnement de l'utilisateur. De telles informations peuvent, par exemple, être issues de capteurs de vitesse sur les routes (conditions du trafic) ou de capteurs sur les lots de parking.

Contexte interne : Les informations contextuelles internes correspondent aux informations sur l'utilisateur. Des exemples de telles informations sont : localisation, vitesse et orientation, destination, préférences etc.

Cette définition a été reprise par (Hong, 2008) avec la terminologie contexte individuel pour contexte interne (les deux désignant la même chose).

1.2.1.4 Contexte et Mobilité

Ces dernières années, de nombreux travaux (George et Lekira, 2009; Tan et al., 2009; Meng et al., 2005; Filho et Martin, 2008; Abowd et al., 1997;Li et Willis, 2006; Schwinger et al., 2008; Repo et Riekki, 2004; Cai et Xue, 2006; Cheverst et al., 2000; Lopez-Velasco et al., 2006, Nivala et Sarjakoski, 2003) ont été réalisés sur la conception et la réalisation d'applications sensibles au contexte dans plusieurs domaines d'application, comme les maisons intelligentes, le domaine de la santé, du tourisme ou encore des loisirs. Ces travaux ont surtout porté sur la modélisation du contexte avec développement d'un prototype pour le domaine concerné, ou sur l'élaboration d'un « middleware » sensible au contexte.

Dans les travaux plus récents, le contexte spatial, qui se réduit à la variable « localisation », est exploité dans le cadre de la mobilité. Dans la suite, nous proposons de décrire deux de ces modèles : celui de (George et Lekira, 2009) et celui de (Tan et al., 2009).

Le premier modèle de contexte en mobilité proposé par (George et Lekira, 2009) a été conçu pour définir le contexte des utilisateurs d'applications de communication en mobilité. Ils ne se concentrent pas seulement sur l'utilisateur mais ils prennent aussi en compte sa localisation, l'appareil, etc. Le modèle est ainsi basé sur la définition de six dimensions clés : le profil utilisateur, l'activité, l'appareil, l'environnement, la localisation et le temps. Un vecteur de 6 variables est alors utilisé pour représenter ce contexte : « <User's Profile, Activity, Device, Environment, Location, Time> » ce qui amène à considérer comme contexte i la variable Ci = <Ui, Ai, Di, Ei, Li, Ti>. Ces dimensions sont définies de la manière suivante :

- *Profil Utilisateur (User's Profile)* : cette dimension prend en compte les informations tant personnelles que professionnelles comme le profil général (nom, âge, profession, intérêt, etc.), les préférences, ou encore la culture, la liste n'étant pas exhaustive.

- *Activité (Activity)* : Cette dimension décrit ce que l'utilisateur fait, ses buts et ses disponibilités.

- *Appareil (Device)* : L'appareil utilisé a une incidence sur le contexte de l'utilisateur. Aussi, cette dimension prend en compte les informations comme le type de l'appareil (PDA, Smartphone, Ordinateur de bureau entre autres), les possibilités de connexion, la vitesse de la connexion, l'espace mémoire, la taille de l'écran, le type d'entrée/sortie, etc.

- *Environnement (Environment)* : l'environnement de l'utilisateur est pris en

compte dans le contexte car quand les utilisateurs effectuent une tâche ou une activité, ils peuvent interagir avec leur environnement. L'environnement fait référence à quatre parties distinctes qui sont l'environnement social (ensemble des personnes proches de l'utilisateur), l'environnement technique (ensemble des appareils électroniques proches de l'utilisateur), l'environnement relatif (ensemble des places proches de la localisation courante de l'utilisateur) et l'environnement ambiant (température, bruit, luminosité, etc.).

- *Localisation (Location)* : cette dimension indique la situation géographique de l'utilisateur et la position relative des utilisateurs les uns par rapport aux autres. Cette localisation peut être logique (URL par exemple) ou physique (coordonnées GPS, etc.).

- *Temps (Time)* : Cette dimension apporte la notion de durée à un contexte. Par exemple, il peut décrire le début et la fin d'un contexte particulier.

Le deuxième exemple de modèle de contexte en mobilité est celui élaboré par (Tan et al., 2009) connu sous le nom de TILES (Temporal, Identity, Location, Environmental and Social).

TILES est un modèle de classification et d'utilisation d'informations contextuelles dans des applications conscientes du contexte. Dans leur article sur le sujet, le groupe a répertorié quarante deux (42) propriétés de contexte, relevées dans la littérature associée essentiellement aux études de l'exploitation du contexte dans le domaine du tourisme en mobilité, et les a classées suivant ledit modèle. Ce modèle de classification, peut cependant être adapté à tout autre domaine d'application, en l'occurrence celui qui nous intéresse à savoir, le domaine des jeux éducatifs pour plateformes mobiles de type téléphone intelligent.

Pour aboutir à ce modèle de classification, le groupe a d'abord fait une typologie

des différentes applications rencontrées dans la littérature et des contextes identifiés pour ces dernières. Cette catégorisation s'est faite sur les domaines touchés à savoir le domaine médical, le domaine de l'apprentissage ludique, de la bureautique et du tourisme ainsi que sur les critères. Ils ont donc fait ressortir comme catégories de critères la position, le temporel, l'identité, l'environnement, le social, le réseau, l'activité, l'appareil, la physiologie et le cognitif. Ensuite, les propriétés adoptées en général dans le domaine du tourisme ont été relevées en se basant non seulement sur la revue de littérature, mais aussi sur les brochures touristiques et les sites web de tourisme. Pour chaque propriété, la catégorie correspondante est identifiée. Les catégories qui ont été finalement retenues pour encapsuler la quarantaine de critères les plus pertinentes sont : Temps (T), Identité (I), Localisation (L), Environnement (E), Social (S). Ils constituent le modèle de classification TILES présenté dans le Tableau 1. Pour retenir ces catégories, une expérience a été conduite sur un groupe de personnes. Ce groupe a eu à identifier dans certains scénarios, les besoins en information sur le contexte. Les informations sur l'appareil et le réseau ont été exclues car non seulement leur acquisition nécessite la détection et la lecture de la configuration matérielle, mais aussi parce que le groupe d'individus n'a pas trouvé ces propriétés utiles, tout comme le contexte physiologique, qui pour sa part nécessite la détection des conditions physiques de l'utilisateur.

T	• Date et heure courantes, saisons de l'année • Derniers évènements survenus, évènements de l'année
I	• Intérêt de l'utilisateur, but du voyage, durée du séjour • Profil-Nom, date de naissance et âge • Attractions déjà visitées, nombre de visites effectuées • Date de dernière visite • Type de nourriture-boisson, cuisine préférée • Langue préférée, niveau d'information préféré • Tendance de recherche de renseignements • Fourchette de prix préférée • Programme de visite • Activité courante, envies • Statut de l'utilisateur (libre ou occupé) • Temps libre de touristes, temps acceptable d'attente • Mode de transport préféré • Niveau de qualité préféré (qualité de service, quantité de part de nourriture) • Niveau de sécurité/ hygiène acceptable
L	• Position actuelle, direction de déplacement • Attractions avoisinantes • Vitesse de déplacement, mode de transport actuel • Age de la dernière position mesurée • Distance entre la position et les services
E	• Temps-température, climat, qualité de l'air • Conditions de trafic/route • Sièges libres
S	• Intérêts du groupe • Nom du groupe • Personnes avoisinantes – membres de la visite, amis et étrangers • Recommandations, revues par d'autres touristes • Compagnons de voyage – qui sont-ils? • Photos et vidéos clips postées par les autres

Tableau 1 : Modèle descriptif (détaillé) TILES pour les propriétés de l'Information Contextuelle dans le cadre d'applications mobiles touristiques

Dans ce tableau, nous constatons que la notion de localisation n'implique pas uniquement les coordonnées de l'utilisateur et que la notion d'environnement peut ne pas décrire des objets à référence spatiale. D'un autre côté, la mobilité a rendu pertinente et enrichissante les variables de contexte comme la localisation physique, l'appareil, l'environnement relatif. Ceci implique qu'il ne serait pas intéressant de considérer le contexte spatial comme isolé dans le cadre de notre travail de recherche. Autrement dit, si nous avons besoin de définir un modèle de contexte adapté à notre cadre applicatif, ce dernier devra prendre en compte outre les critères purement spatiaux, d'autres critères liés au profil de l'utilisateur (donc du joueur), à l'appareil, au temps, aux personnes avoisinantes, pour ne citer que ceux là.

En plus des travaux sur la modélisation du contexte, des études ont également été menées sur l'interrogation ou la propagation du contexte vers les applications clientes. Nous pouvons distinguer ces travaux en quatre grands axes de recherche (Chaari, 2005) :

- ✓ Les plateformes conceptuelles : l'intérêt est porté sur l'aspect architectural des systèmes sensibles au contexte qui fournissent des outils pour la capture, l'interprétation et les transferts des données contextuelles vers l'application. C'est l'exemple du Context Toolkit de Dey (voir section 2.3.3.1-Dey et Abowd, 2001).
- ✓ Les plateformes de services : à ce niveau, on cherche à proposer des outils et méthodes permettant la sélection des services pertinents pour un contexte particulier. Par exemple, (Lopez-Velasco et al., 2006) ont défini une architecture que doivent implanter les systèmes d'informations basés sur le Web pour prendre en compte le concept de services web adaptés, c'est-à-dire des services web ayant la particularité de répondre à un contexte d'utilisation préalablement défini.
- ✓ Les environnements d'interopérabilité : on s'intéresse ici à la résolution des problèmes d'hétérogénéité et de mobilité de l'utilisateur.

- ✓ Les environnements de développement d'applications diffuses : l'intérêt est porté sur la conception d'infrastructures physiques et logiques pour développer de telles applications.

Certaines des solutions seront étudiées plus avant dans le chapitre 2 de ce mémoire. Ce que nous devons retenir ici est que pour une exploitation effective du contexte spatial dans le cadre défini par le projet GéoÉduc3D, nous avons non seulement besoin de le modéliser mais aussi de trouver ou adopter des méthodes et moyens permettant l'interrogation du contexte à partir des applications clientes, dans un environnement multiutilisateurs et interopérable.

1.2.1.5 Contexte et jeux éducatifs

Un jeu éducatif (ou jeu ludo-éducatif) est avant tout, comme son nom l'indique, un jeu à vocation éducative, le but principal visé étant de transmettre au joueur des notions et des connaissances, liées à un ou plusieurs domaines définis, à travers des activités ludiques. Certes, un tel jeu peut ne pas être informatisé. Nous devons donc noter que nous parlons ici d'application informatique de type jeu sérieux (« Serious Game »), jeu qui « combine une intention sérieuse de type pédagogique, informative, communicationnelle ou encore idéologique avec des ressorts ludiques issus de jeux vidéos ou de la simulation informatique. »[2]

Un exemple de jeu éducatif basé sur les sciences géomatiques, dont le scénario est actuellement défini et étudié par l'équipe du projet GéoÉduc3D est le jeu « Energy Wars Mobile » (Barma et al., 2011). Sans rentrer dans les détails, le scénario du jeu se déroule sur les points suivants :

- Le scénario du jeu est une simulation d'une catastrophe naturelle, avec l'identification et l'occupation de bâtiments dans la zone de jeu, afin de

[2] http://fr.wikipedia.org/wiki/ Jeu_sérieux, page web sur les jeux sérieux, accédé en Février 2010

rassembler d'éventuelles personnes à sauver.

- Une équipe, constituée d'un commandant, d'un éclaireur et d'experts en énergie, environnement et mécanique, doit parcourir la zone de jeu, tout en la décontaminant, afin d'identifier le bâtiment potentiel, s'y rendre et l'occuper. La décontamination se réalise en répondant à des questions enseignées au niveau secondaire en lien avec l'énergie.
- Le joueur (membre d'une équipe, sauf le commandant) se trouve dans un environnement de jeu 3D réel (réalité augmentée sur support mobile), multi-joueurs (le jeu se fait en équipe). L'éclaireur identifie des objets de réalité augmentée sur le terrain avec son appareil mobile et conduit ainsi les experts vers ces objets qui contiennent les questions auxquelles l'équipe doit répondre.

Pour une telle application, parler du contexte de l'utilisateur revient à parler du contexte du « joueur » qui est plutôt particulier. En effet, le profil utilisateur tel que défini par (George et Lekira, 2009) ou encore la classe Identité telle que proposée par (Tan et al., 2009) se trouvent enrichis par de nouvelles informations comme :

- ✓ Le niveau de connaissance du joueur sur un sujet ou dans un domaine
- ✓ Le programme d'étude ou la profession
- ✓ Le type d'évaluation de connaissances préféré
- ✓ Le type de localité où il vit (urbain ou rural)

Les informations mentionnées ci-dessus ne constituent en aucun cas une liste exhaustive mais il est indéniable que le jeu éducatif comme application apporte d'autres propriétés de contexte à prendre en compte.

En résumé à cette section sur le contexte et ses différentes formes, le contexte est relatif aux besoins des utilisateurs d'un système ou d'une application. Il sert à

améliorer et à adapter les services, informations et contenus fournis aux utilisateurs en exploitant en temps réel toutes les informations utiles identifiées comme informations contextuelles. Ces dernières sont de nature différente que l'on se place au niveau du contexte spatial, du contexte spatial en mobilité ou encore du contexte dans le cadre de jeux éducatifs par exemple, mais elles peuvent être regroupées dans des catégories homogènes relatives aux entités décrites (utilisateur, espace, objet). Ces catégories varient d'un domaine applicatif à l'autre puisque ce dernier induit les informations contextuelles jugées utiles. Néanmoins, quel que soit le cadre applicatif, les mêmes questions se posent quand il s'agit d'atteindre une conscience du contexte : Comment représenter l'information contextuelle? Comment fournir cette information? Et enfin comment interpréter cette information? Nous reviendrons sur ces questions lors de la définition de notre problématique.

1.2.2 Mobilité

La mobilité est une composante indispensable dans le cadre du projet GéoÉduc3D. Permettre au joueur d'accéder à son jeu de n'importe où et toujours dans les meilleurs conditions et utiliser ses informations de localisation pour enrichir son environnement de jeu font partie des objectifs visés par le projet. Pour atteindre ces objectifs, il est indispensable de jouer en mobilité en tirant bénéfice des appareils mobiles. Le concept de mobilité faisant appel à celui de plateformes mobiles et à toute l'architecture nécessaire au déploiement d'applications sur ces plateformes, nous proposons, dans cette section, de faire un tour d'horizon des différentes plateformes mobiles existantes, en l'occurrence l'iPhone d'Apple et Android[3] de Google, des contraintes liées au déploiement d'applications sur ces plateformes, ainsi que des différentes technologies de localisation utilisées à l'heure actuelle en mobilité.

[3] Android, site officiel, http://www.android.com/, accédé en Décembre 2011

1.2.2.1 Terminaux mobiles

Ces dernières décennies, d'importants efforts ont été faits par les différents constructeurs de terminaux mobiles à la suite d'une demande toujours plus exigeante et grandissante des utilisateurs. Ainsi du simple téléphone cellulaire, nous sommes passés au téléphone intelligent (Smartphone ou ordiphone) en à peine quelques années. Les consoles de jeu se sont aussi déplacées du salon vers la poche des joueurs. Parmi les différents grands types de terminaux mobiles disponibles sur le marché, nous pouvons citer pour l'intérêt de notre projet:

- *Les consoles mobiles de jeux :* Le cœur d'une architecture physique de console de jeux, qu'elle soit de salon ou portable, est constitué par un microprocesseur, une carte graphique et une mémoire vive. Chaque appareil aussi dispose d'un système d'exploitation. La console portable a pour avantage de rassembler en un tout léger, toutes les composantes matérielles nécessaires pour jouer, à savoir l'écran, les touches de contrôle et les haut-parleurs[4]. Très récemment, des efforts on été faits concernant la localisation par GPS, la caméra et la connectivité, efforts qui ont conduits notamment à la fabrication de dispositifs de positionnement et de caméra externes à l'appareil. Il est également possible d'avoir une connexion 3G sur certains de ces consoles portables (la Nintendo DS de Sony par exemple). Ces solutions (GPS et caméra), bien qu'assez performantes, sont non intégrées et ne satisfont pas les besoins du projet GéoEduc3D, en particulier sur l'aspect de l'utilisation des techniques de réalité augmentée dans les jeux.

- *Les Personal Digital Assistant (PDA)* : Un PDA, ou encore assistant numérique personnel, est un appareil conçu à l'origine pour jouer le rôle d'agenda

[4] Page web sur les consoles de jeux, Wikipedia http://fr.wikipedia.org/wiki/Console_portable, accédé en Décembre 2009

électronique avec des fonctionnalités comme la gestion des rendez-vous ou la planification des tâches et la gestion des contacts. Aujourd'hui, il s'est beaucoup enrichi et on peut y retrouver les principales fonctions de la bureautique, du multimédia, de la navigation web, de la géolocalisation (certains PDA ont un GPS intégré) et même de la téléphonie. Les applications y sont déployées sous un système d'exploitation comme pour un ordinateur[5].

- *Les téléphones intelligents :* Un téléphone intelligent peut être défini comme un téléphone mobile comportant un logiciel que l'utilisateur est capable de modifier ou de mettre à jour. Ce logiciel, comprendre ici système d'exploitation, doit permettre le transfert d'informations du téléphone vers des systèmes externes (Töyssy et Helenius, 2006). Il offre entre autres des fonctionnalités d'agenda/calendrier, de navigation web, de messagerie instantanée, de consultation de courriers électroniques, de géolocalisation et bien entendu de téléphonie. A l'heure actuelle, il existe toutes sortes de téléphones intelligents, proposés par différents vendeurs (Apple, Samsung, Nokia, HTC, Sony Ericsson, etc.), et qui font tourner différents systèmes d'exploitation (iPhone OS, Android OS, Windows Mobile, PalmOS, Symbian, etc.). Leurs ventes ne cessent d'augmenter et ont même atteint les 115 millions d'unités vendus dans le monde entier[6] dans le troisième quart de l'année 2011. Ces ventes ont ainsi connu un taux d'augmentation de 42% par rapport à la même période en 2010. En observant de plus près ces résultats, on apprend aussi que les ventes des téléphones intelligents avec le système d'exploitation Android OS, de Google, occupent la plus grande part de marché avec un total de 52,5%, le double de part occupée à la même période en 2010.

---

[5] Page web sur les PDA, Wikipedia, http://fr.wikipedia.org/wiki/Assistant_personnel, accédé en Décembre 2009

[6] Gartner, Communiqué de presse Novembre 2011, http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1848514

> Dans le même temps les téléphones intelligents sous iOS, d'Apple, occupent quant à eux 15% de part de marché (16,6% en 2010). Android OS et iOS à eux seuls constituent donc 67,5% de part du marché mondial de ventes de téléphones intelligents.

Ce qui fait le succès sans cesse grandissant de ces téléphones est la grande panoplie des caractéristiques dont ils sont dotées afin de satisfaire, voire de devancer, au mieux, les besoins de l'utilisateur mobile. Parmi ces caractéristiques, on retrouve une taille d'écran plus grande que celle des téléphones mobiles, des capacités de stockage de plus en plus élevées (allant du 8 Go au 64 Go), des résolutions d'écran et des processeurs graphiques améliorés permettant d'exécuter même des applications 3D et des jeux interactifs, une connectivité sans-fil de plus en plus performante également (Wi-Fi, 3G, Bluetooth), une antenne GPS pour le positionnement, des accéléromètres pour capturer le mouvement et l'orientation de l'appareil, un appareil photo et une caméra numériques avec d'excellentes résolutions pour ne citer que ceux là. Ces caractéristiques font des téléphones intelligents, de parfaites plateformes de jeux mobiles. En outre, grâce à tous leurs capteurs (accéléromètre, gyroscope, capteurs de lumière etc.), il est possible de récupérer une multitude d'informations décrivant l'environnement de l'utilisateur, sa localisation, son profil, bref son contexte.

Nous allons procéder dans la suite à l'investigation de 2 solutions de téléphones intelligents qui dominent actuellement le marché mondial et qui utilisent l'iOS ou Android OS (deux systèmes d'intérêt pour le projet GéoÉduc3D) : l'iPhone d'Apple et le Samsung Galaxy de Samsung.

- ✓ L'iPhone/iPod Touch d'Apple

L'iPhone (et l'iPod Touch, version sans téléphone ou mini tablette) est un téléphone intelligent, utilisant le système d'exploitation iOS, et intégrant en plus des fonctionnalités identifiées plus haut pour ce type d'appareil, celles d'un baladeur

numérique et d'un dispositif de jeux. Il est conçu par la société Apple qui a procédé au lancement de sa première génération d'iPhone en Juin 2007. Il est présenté comme le passage du téléphone mobile à "l'ordinateur portable permettant de téléphoner". Désormais disponible en version 4S, ce téléphone connaît un grand succès (17 millions de iPhone 4 vendus dans le monde dans le troisième quart de 2011 selon Gartner).

- ✓ Le Samsung Galaxy

Selon Gartner (Novembre 2011)[7], Samsung est devenu le fabricant de téléphones intelligents numéro 1 mondial des ventes grâce à la forte performance de ses téléphones intelligents Galaxy. Ces téléphones affaiblissent le marché concurrentiel notamment à cause de leur large gamme de prix. Les ventes des Samsung Galaxy ont triplé d'année en année pour atteindre les 24 millions dans le troisième quart de 2011. Ceci dit, notons que ces téléphones intelligents utilisent le système d'exploitation Android de Google (donc c'est le plus vendu et utilisé des Android Phone au monde actuellement) et la dernière version disponible est le Samsung Galaxy S2.

Afin d'en apprendre plus sur les différentes caractéristiques (résolution, taille de l'écran, processeur etc.) des téléphones intelligents disponibles de nos jours, nous proposons un tableau comparatif (Cf. Tableau 2) des dernières versions de l'iPhone et du Samsung Galaxy, deux des téléphones intelligents les plus récents et les plus vendus au monde. Il s'agit de l'iPhone 4S et du Samsung Galaxy S2.

[7] Gartner, Press Releases, http://www.gartner.com/it/page.jsp?id=1848514, accédé en Décembre 2011

	iPhone 4S	Samsung Galaxy S2
Dimensions en cm (hauteur x largeur x profondeur)	115.2x58.6x9.3 mm	125.3x66.1x8.49 mm
Poids	140 g	116 g
Écran	Retina, 3,5 pouces (9 cm de diagonale visible),	4,3 pouces WVGA Super AMOLED Plus
Résolution	960 x 640 px, 326 ppp	800x480 px
Processeur	Dual Core A5	Dual Core Application Processor
Mémoire vive	512 Mo de RAM	1 Go de RAM
Interface d'entrée	Écran tactile panoramique Multi-tactile ou Multi-Touch Clavier virtuel auto rétractable	Ecran tactile Multi-Touch Clavier virtuel
Mémoire de stockage	16 ou 32 ou 64 Go	16 ou 32Go et 32Go avec MicroSD
Connexion sans-fil	haut débit via Wi-Fi ou 3G, Bluetooth 4.0	Wi-Fi b/g/n ou 3G Bluetooth 3.0
Autonomie	8 heures en conversation téléphonique 10 heures en lecture vidéo 40 heures en lecture audio 6 heures en navigation web 200 heures en veille	2 journées complètes pour une utilisation régulière
Système d'exploitation	iOS 5	Android Platform 2.3
Capteurs	Accéléromètre Antenne Bluetooth Antenne GPS Antenne pour réseaux mobiles Antenne Wi-Fi Appareil photo numérique Boussole numérique Capteur de proximité Capteur de lumière ambiante Caméra numérique Gyroscope	Accéléromètre Antenne Bluetooth Antenne GPS Antenne pour réseaux mobiles Antenne Wi-Fi Appareil photo numérique Boussole numérique Capteurs de proximité Capteurs de lumière Caméra numérique Gyroscope

Tableau 2 : Tableau comparatif des caractéristiques de l'iPhone 4S[8] et du Samsung Galaxy S2[9]

De ce comparatif, on peut déduire que l'une ou l'autre de ces solutions présente toutes les caractéristiques essentielles d'une plateforme devant supporter le

[8] Site officiel iPhone 4S, http://www.apple.com/ca/fr/iphone/specs.html, accédé en Décembre 2011

[9] Site officiel, http://www.samsung.com/global/microsite/galaxys2/html/specification.html, accédé en Décembre 2011

déploiement de jeux éducatifs interactifs en mode mobile. On comprend alors pourquoi l'intérêt du projet GéoÉduc3D pour ce type de téléphone intelligent. À côté de cela, la présence des différents capteurs listés est un atout considérable pour l'acquisition rapide et pertinente d'informations contextuelles dans un environnement multi-joueurs. Il est ainsi possible d'envisager une mise en œuvre d'une solution permettant l'exploitation du contexte spatial à des fins d'adaptation des jeux (interface et contenu).

Bien que l'existence des caractéristiques mentionnées soit fortement encourageante pour le monde des applications mobiles, il est quand même important de s'attarder avec prudence sur le fonctionnement du système de positionnement proposé par les constructeurs ainsi que leur précision, afin d'avoir une vision éclairée sur les qualités et les limitations du positionnement. En effet, cet aspect de localisation plus ou moins précise de l'utilisateur est un élément incontournable pour l'identification d'un contexte spatial. La section qui suit vient donc compléter notre analyse des terminaux mobiles, notamment les téléphones intelligents, en faisant un tour d'horizon sur les systèmes de géolocalisation existants.

1.2.2.2 Systèmes de géolocalisation

II existe trois systèmes pour la localisation géographique des terminaux mobiles (Swedberg, 1999) :

Positionnement basé sur le réseau Wi-Fi ou réseaux de télécommunication (Network-based positioning) : On calcule la position du terminal mobile en fonction du temps de propagation du signal entre le terminal mobile et la station de base. Elle est utilisée surtout dans le cas où le terminal ne dispose pas d'un GPS intégré. Le positionnement Wi-Fi est surtout utile lorsque le mobile se trouve dans une structure interne (immeuble, salle couverte, etc.). L'iPhone 4S propose par exemple cette méthode de positionnement.

Positionnement basé sur l'équipement (Device-based positioning) : dans cette approche, le terminal mobile dispose d'un module GPS permettant de calculer la position avec une précision de 10 à 20 mètres.

Système de localisation hybride : la position de l'utilisateur est calculée en combinant les deux approches citées ci-dessus. C'est l'exemple de l'A-GPS (Assisted-GPS) qui est une technique utilisée dans la téléphonie mobile pour ajuster plus rapidement et facilement les données de positionnement par téléchargement d'une éphéméride. La précision du positionnement dépend cependant de l'environnement de l'utilisateur (ville, montagne) et de la méthode de calcul utilisée. Cette méthode est utilisée tant par l'iPhone 4S que le Samsung Galaxy S2.

De manière générale, la plupart des téléphones intelligents qui disposent d'antenne GPS offrent un positionnement par système de localisation hybrid (A-GPS) et en cas d'absence d'antenne il est toujours possible de se positionner grâce au réseau Wi-Fi. Les précisions fournies par l'implantation de ces deux systèmes à l'heure actuelle sont satisfaisantes pour une simple navigation dans une ville ou pour des besoins d'acquisition et exploitation du contexte spatial, et dans une moindre mesure, pour les besoins du projet GéoÉduc3D. En effet, dans ce projet, leurs précisions influencent directement la qualité de la réalité augmentée offerte à l'utilisateur sur son téléphone. Aussi, pour cet aspect en particulier, bien que la précision du GPS ne constitue pas une contrainte au même titre que certaines autres caractéristiques comme la taille de l'écran ou le processeur, de nombreux tests ont dus être effectués pour identifier des zones garantissant de meilleurs précisions. La section à venir nous permet de faire un inventaire des possibles contraintes inhérentes aux plateformes mobiles.

1.2.2.3 Contraintes liées aux plateformes mobiles

Le développement et le déploiement d'applications sur des plateformes mobiles sont soumis à certaines contraintes particulières qui sont regroupées en quatre (4)

catégories (Satyanarayanan, 1996; Paelke et al., 2003; Dubé, 2008 ; Duda et al., 2005) .

- **Interface utilisateur et périphérique d'entrée et sortie** : comparativement aux ordinateurs de bureau qui ont une résolution de l'ordre du mega-pixel, la résolution standard des appareils mobiles est assez limitée (résolution pour les téléphones mobiles de 100*80 pixels, pour les PDAs 240*230 et pour les téléphones intelligents jusqu'à 960*640 pixels-iPhone 4S). De plus, ces appareils ne disposent pas de clavier complet, encore moins de souris et leurs écrans sont de taille réduite. Leurs dispositifs d'entrée/sortie sont pour la plupart (téléphones intelligents, PDAs) constitués d'un écran tactile avec ou sans stylet, multi-touches ou non et d'un mini-clavier, virtuel ou non. Il faut donc prendre en considération ces paramètres particuliers dans l'élaboration des interfaces utilisateur.

- **Performances** : Dans un souci de portabilité, ces appareils sont conçus de petite taille et leurs composants sont miniaturisés. Ainsi leur processeur a une puissance plus faible que celle de n'importe quel autre ordinateur, ce qui limite l'utilisation d'une animation interactive temps réel et la génération et l'affichage de données graphiques complexes. Certains traitements sont lourds à l'exécution, voire pas exécutables du tout sur une telle plateforme. Ces appareils n'étant pas destinés à une utilisation sous-tension, il s'avère que l'autonomie en alimentation électrique est un facteur important qui influe sur le choix des composants. En effet, pour une bonne optimisation de cette autonomie, les composants ne doivent pas être gourmands en énergie et on préfèrerait donc la mémoire flash aux disques durs par exemple ou encore, comme mentionné ci-dessus, des processeurs moins puissants. Au final, on doit tenir compte de capacités de calcul et de stockage de données plus faibles lors du développement d'applications pour

mobiles.

- **Réseau** : Les réseaux de communication sans-fil (GPRS, WiFi, etc.) sont soumis à une variation de bande passante dépendamment du lieu où l'on se trouve. La couverture du réseau WiFi est limitée dans l'espace et le réseau n'est souvent pas stable. Il y a donc des risques de déconnexions intempestives surtout lorsque l'on se déplace et parfois l'utilisateur peut se retrouver dans des lieux non couverts. Le réseau 3G (troisième génération) est aujourd'hui très utilisé partout et offre de nouvelles possibilités avec une bande passante plus haute. La connexion est donc stable et accessible partout contrairement au WiFi. Dans tous les cas, les temps de réponse sont soumis à la latence du réseau (Duda et al., 2005). Il faut donc prendre en compte ces éléments et offrir par exemple des modes de fonctionnement connecté/déconnecté.

- **Interopérabilité entre systèmes** : Il existe actuellement plusieurs types de plateforme mobile (Smartphones, PDAs, console portable, etc.) disposant de systèmes d'exploitation différents (iPhone OS, Android OS, Windows Mobile, PalmOS, Symbian, etc.). Les langages de programmation indispensables au développement d'applications pouvant tourner sur ces plateformes mobiles aussi sont variés (C/C++, Objective C, Java, etc.) au même titre que les architectures de processeurs (ARM, MIPS, PowerPC, etc.). On ne peut donc pas supposer que le parc mobile est homogène lorsqu'on conçoit des applications mobiles. Il faut alors adopter des systèmes interopérables tant au niveau des logiciels clients que des protocoles de communications.

Dans cette section sur la mobilité, nous avons vu les différentes plateformes mobiles existantes et leurs caractéristiques, nous avons également exploré les contraintes à prendre en compte lors de l'analyse et du développement d'applications de jeux mobiles, ainsi que les différents systèmes de géolocalisation

existantes. Pour ce projet en particulier, nous devons être capable de tenir compte de toutes ces caractéristiques et des contraintes identifiées ici, dans notre proposition de solution pour l'exploitation du contexte spatial afin qu'elle soit interopérable et utilisable quelque soit l'appareil mobile adoptée par l'utilisateur.

1.2.3 Réalité augmentée

Un système de Réalité Augmenté (RA) est, selon (Azuma et al., 2001), un système qui combine des informations réelles et des informations générées par ordinateur dans un environnement réel, de manière interactive et en temps réel, et qui aligne les objets virtuels avec les objets physiques. Il s'agit donc d'enrichir notre perception du monde réel avec des objets fictifs, virtuels en les y incrustant de façon réaliste par différentes méthodes. Ce système, qui apporte une expérience interactive en complétant le monde réel et non pas en créant un environnement entièrement virtuel, est de plus en plus utilisé dans le domaine des jeux vidéo entre autres. Dans cette section, nous allons plutôt nous attarder sur la notion de RA mobile et nous parlerons également de Contexte et RA mobile.

1.2.3.1 Réalité Augmentée mobile

La réalité augmentée mobile peut être vue comme le point de rencontre de la RA, de l'informatique ubiquitaire et de la mobilité. Un Système RA Mobile (MARS – Mobile Augmented Reality System) peut être défini tout simplement comme un système RA exécuté en mode mobile (Papagiannakis et al., 2008). La position de l'utilisateur dans l'application de RA reflète ses déplacements dans son environnement réel (Broll, et al. 2008). Un MARS nécessite donc les composantes suivantes (Höllerer et Feiner, 2004) :

- Une plateforme informatique qui peut générer et gérer le matériel virtuel qui doit être ajouté à l'environnement physique, traiter les informations

et contrôler l'affichage.

- Un afficheur pour présenter le rendu de l'augmentation de la réalité physique. Cela peut être un écran d'appareil mobile, un écran qu'on peut porter sur les yeux ou l'affichage peut être intégré au monde physique. L'ouïe, le toucher et l'odorat peuvent aussi être augmentés.
- Un alignement des éléments virtuels avec les objets physiques qu'ils annotent.
- Des technologies d'interaction pour permettre à l'utilisateur de travailler avec le monde augmenté.
- Un réseau sans fil qui est quant à lui nécessaire à l'utilisateur pour communiquer avec les autres utilisateurs et ordinateurs tout en restant mobile.

Plusieurs applications des techniques de RA mobile ont été définies depuis le début des années 2000 dans des domaines comme celui des loisirs (Thomas et al., 2000; Starner et al. 2000), la médecine (Fuchs et al., 1998), le journalisme (Pavlik, 2001; Höllerer et al., 1999) et le tourisme (Cheverst et al., 2000) entre autres.

Avec l'essor du domaine de la mobilité qui a vu les appareils mobiles étendre leurs fonctions de simple outil de communication à celles d'un ordinateur (téléphone intelligent) possédant tous les composants nécessaires à de la RA mobile, les MARS ont beaucoup évolué et l'intégration d'objets virtuels dans la réalité de l'utilisateur vue au travers d'un flux vidéo est maintenant possible. Ainsi la RA mobile devient intimement lié au contexte spatial d'un utilisateur sur un téléphone intelligent. Tout son intérêt réside dans sa capacité à proposer à l'utilisateur des informations textuelles, sonores ou visuelles relativement à sa position courante dans l'environnement dans lequel il évolue, en s'appuyant sur la combinaison d'un GPS, d'une boussole électronique, d'accéléromètres, d'une communication sans fil et d'une incontournable caméra dont disposent la plupart de ces téléphones.

À titre d'exemple, nous pouvons citer l'application proposée par le Métro de

Paris à ses clients (voir Figure 2). Pour un utilisateur disposant d'un iPhone d'Apple et qui se déplace dans Paris où se trouve bon nombre de lieux de restauration, de loisirs et d'entrées de métro, à l'aide de la RA, il est possible de superposer aux bâtiments apparaissant dans le flux vidéo, des images présentant des informations comme le nom des magasins se trouvant dans ces bâtiments, leurs heures d'ouverture et les distances auxquelles ils se situent, ainsi que des informations de direction pour s'orienter et se déplacer vers des entrées d'accès au Métro parisien.



Figure 2 : Application Métro Paris sur iPhone et iPod Touch

1.2.3.2 Contexte et RA mobile

En RA mobile, on propose à l'utilisateur de visualiser et d'interagir avec des objets virtuels incrustés dans son environnement réel. On pourrait croire que ces objets augmentés soient toujours nécessaires et compatibles avec le contexte courant de l'utilisateur mais ce n'est pas le cas. Par exemple, il ne serait pas pertinent d'augmenter l'environnement avec un objet virtuel représentant une

bougie alors qu'il y a une bonne luminosité naturelle ou encore avec un objet virtuel « parasol » alors qu'il fait -20°C dehors. Afin d'adresser ce problème, plusieurs chercheurs (Schilit et al., 1994; Hölleler et al., 2001; Lee et al., 2008; Oh et Woo, 2009; Shin et al., 2010) se sont orientés vers l'application de la conscience du contexte aux systèmes de RA. L'idée émergente est donc de rendre ces systèmes conscients du contexte de l'utilisateur en exploitant les informations contextuelles pour personnaliser et adapter le contenu augmenté. Un exemple de contribution dans cet axe de recherche, que nous avons choisi de présenter brièvement dans ce mémoire, est le CAMAR : Context-Aware Mobile Augmented Reality (Oh et Woo, 2009). Le but visé par le projet CAMAR est effectivement d'utiliser les préférences de l'utilisateur ainsi que son contexte environnemental pour améliorer son expérience de la réalité augmentée en personnalisant l'interface de l'application mobile ainsi que le contenu généré. Oh et Woo se sont vraiment concentrés sur comment combiner la conscience au contexte et la réalité augmentée sur une plateforme mobile. Les défis techniques qu'ils ont essayés de relever pour réussir cette combinaison sont les suivants :

- Déduire le contexte d'utilisation sur une plateforme mobile à partir des données de capteurs et autres services disponibles : utilisation d'une plateforme de développement d'applications sensibles au contexte pour capturer le contexte à travers un appareil mobile. De plus, l'historique de contexte est conservé puis utilisé pour déduire les préférences de l'utilisateur au besoin.
- Personnaliser le contenu augmenté par rapport au contexte déduit : cette personnalisation est basée sur l'historique de contexte incluant les préférences de l'utilisateur sur le contenu augmenté.
- Permettre à l'utilisateur mobile d'accéder aux entités augmentées et d'interagir avec : une interface personnalisée est fournie à l'utilisateur avec des propriétés (couleur, représentation, arrangement) adaptées à ses

préférences.

- Permettre le partage d'entités personnalisées entre les utilisateurs : cette possibilité de partage est nécessaire pour enrichir l'aspect social et tient compte du contexte.

CAMAR est encore en voie d'amélioration spécifiquement sur les plans de la perception et de l'interaction des utilisateurs dans l'environnement de réalité virtuel ubiquitaire (Shin et al., 2009).

Dans le cadre du projet GéoÉduc3D, la mise en œuvre d'un MARS conscient du contexte peut être utile à la fois pour enrichir l'environnement du joueur en lui apportant de l'information augmentée contextualisée, et pour lui permettre une saisie explicite d'informations thématiques localisées.

En résumé, la RA mobile apporte une autre dimension d'information contextuelle qu'il faut savoir interpréter et utiliser. Nous nous limiterons, dans ce projet, à la prise en compte des informations contextuelles induites par l'aspect réalité augmentée car, bien qu'il soit hautement avantageux d'ouvrir une fenêtre sur les sortes de capteurs logiques possibles exploitant l'objet virtuel, aller plus loin sur cet axe pourrait engendrer une certaine complexité due à la nature du domaine et demander un supplément de temps dont nous ne disposons pas.

1.3 Problématique

Débutons par rappeler que nos travaux s'inscrivent dans le cadre plus général du projet GéoÉduc3D et que notre intérêt de recherche porte sur l'exploitation du contexte spatial pour des jeux éducatifs sur téléphones intelligents. Cette exploitation implique de devoir modéliser, stocker et interroger les informations contextuelles identifiées comme utiles.

Dans les travaux qui ont été menés jusqu'à présent sur la prise en compte du contexte en mobilité (voir section 1.2.3), le concept de contexte spatial n'est pas

clairement énoncé ou exploité dans tous les aspects identifiés par (Li, 2007). Ainsi, les recherches conduites au niveau de la modélisation et du stockage du contexte, que ce soit en mobilité ou non, ont abouti soit à des résultats génériques (Dey et Abowd, 2001; Hristova, 2006; Tan et al., 2009), soit à des modèles et architectures adaptés à un domaine donné comme le tourisme (Cheverst, 2000; Abowd et al., 1997) ou la communication (George et Lekira, 2009) pour ne citer que ceux là.

La réalisation de l'état des connaissances existantes sur le domaine de contexte croisé avec ceux de la mobilité et de la réalité augmentée nous a permis de déceler des limites quant à l'adaptation et l'utilisation des modèles et outils existants pour la conceptualisation et la mise à disposition des informations de contexte, notamment le contexte spatial, sur des téléphones intelligents pour un domaine d'application comme les jeux éducatifs. Ces limites sont les suivantes :

- Les modèles de contexte comme ceux présentés dans la section 1.2.1.4 de l'état de l'art ne sont pas utilisables tels quels pour notre projet, qui fait entrer en jeu des données contextuelles relatives aux jeux éducatifs, à la mobilité et à la RA. D'une part, ils ne prennent pas en compte toutes les dimensions de contexte qu'on peut retrouver dans le cadre de contexte spatial sur des téléphones intelligents en relation avec des jeux éducatifs. D'autre part, ils sont soient trop génériques, soient trop spécifiques à un domaine.
- Il n'existe actuellement pas de système interopérable pour l'échange de ces données contextuelles entre les plateformes mobiles (capteurs et applications clientes) dans un environnement multi-utilisateurs.
- La dissociation entre gestion du contexte et application est rarement faite et nous assistons à un manque indéniable d'accès à des données de contexte spatial (RA, Jeux, Mobile) centralisées.
- Bien que des efforts considérables aient été fournis tant au niveau de la

définition des moyens de capture (acquisition) du contexte que de sa propagation vers les applications, nous dénotons un manque de solution précise faisant intervenir la combinaison de tous les éléments qui nous intéressent dans ce projet : contexte spatial, téléphones intelligents, jeux éducatifs interactifs et éventuellement réalité augmentée.

Il se pose alors une question fondamentale : comment rendre disponible les données et informations de contexte spatial à toute application, n'importe où et en tout temps, en tenant compte des aspects de réalité augmentée, de jeu éducatif et de mobilité, et d'environnement multi-joueurs ?

Il est indéniable qu'en offrant aux applications mobiles un accès facile et rapide à des informations contextuelles, elles se retrouveront bonifiées via la personnalisation de leurs interfaces et contenus, amenant ainsi l'utilisateur à vivre une expérience améliorée sur de tels appareils en situation réelle.

Ce projet, tout en étant d'un intérêt au projet GéoÉduc3D en répondant à plusieurs de ces objectifs scientifiques, est une occasion unique d'explorer les possibilités d'exploitation du contexte spatial dans des jeux interactifs pour téléphones intelligents. Il se positionne, de plus, à la croisée de plusieurs domaines, à savoir le domaine de contexte, des applications sensibles au contexte, de jeux éducatifs, et de la mobilité. En répondant à la problématique avancée, il permettra d'apporter du nouveau pour chacun des domaines.

1.4 Objectifs

Ce projet de maîtrise a pour objectif principal **la proposition d'une solution informatique capable d'acquérir et de diffuser le contexte spatial (RA, Jeux, Mobile) dans un environnement multi-joueurs sur et pour des téléphones intelligents.** Ainsi, notre travail doit nous mener à la modélisation du contexte spatial ainsi qu'à la conception et la réalisation d'une infrastructure technologique

évolutive pouvant gérer le contexte spatial depuis son acquisition jusqu'à sa diffusion vers les clients mobiles.

Pour arriver à cela, nous avons identifié les objectifs spécifiques suivants :

I. **Définir et modéliser le contexte spatial :** Cette modélisation passera par la définition de la notion de contexte spatial et la définition ou le choix d'une approche de modélisation menant à un modèle complet et évolutif. Elle devra se faire en tenant compte des domaines des jeux éducatifs, de la mobilité et de la réalité augmentée. Elle est indispensable pour comprendre et partager les différents types d'informations de contexte susceptible d'être utiles aux applications de jeux dans notre cadre applicatif particulier.

II. **Construire une architecture dédiée à la gestion du contexte spatial dans le cadre du présent projet** : il s'agit d'explorer les boîtes à outils existantes pour savoir dans quelle mesure ils sont exploitables pour ce projet et de définir une architecture pour la gestion du contexte spatial intégrant des clients mobiles. Cet objectif vient sans conteste répondre à la question de l'interopérabilité. Comment on récupère les informations identifiées dans le modèle sur chaque appareil et comment on les rend disponibles pour tous les appareils quelque soit leur position et à tout moment ?

III. **Concevoir et développer un service web pour la gestion du contexte spatial** (WSCS : Web Spatial Context Service): cette orientation a été faite en réponse à l'objectif précédent (Objectif II) et sera expliquée et justifier à la section 3.2.4. Il s'agit de concevoir et d'élaborer un service web de contexte spatial. Cet objectif fait aussi appel à la proposition de nouvelles méthodes d'interrogation et de diffusion des informations de contexte.

IV. **Tester et valider le service web de gestion du contexte spatial** : Des

tests doivent être menés afin de valider le prototype élaboré dans le cadre de notre travail.

1.5 Méthodologie

Pour mener à bien notre projet de maitrise, nous avons adopté une méthode de type recherche de développement appliqué dont les grandes étapes sont décrites ci-après (Cf. Figure 3).

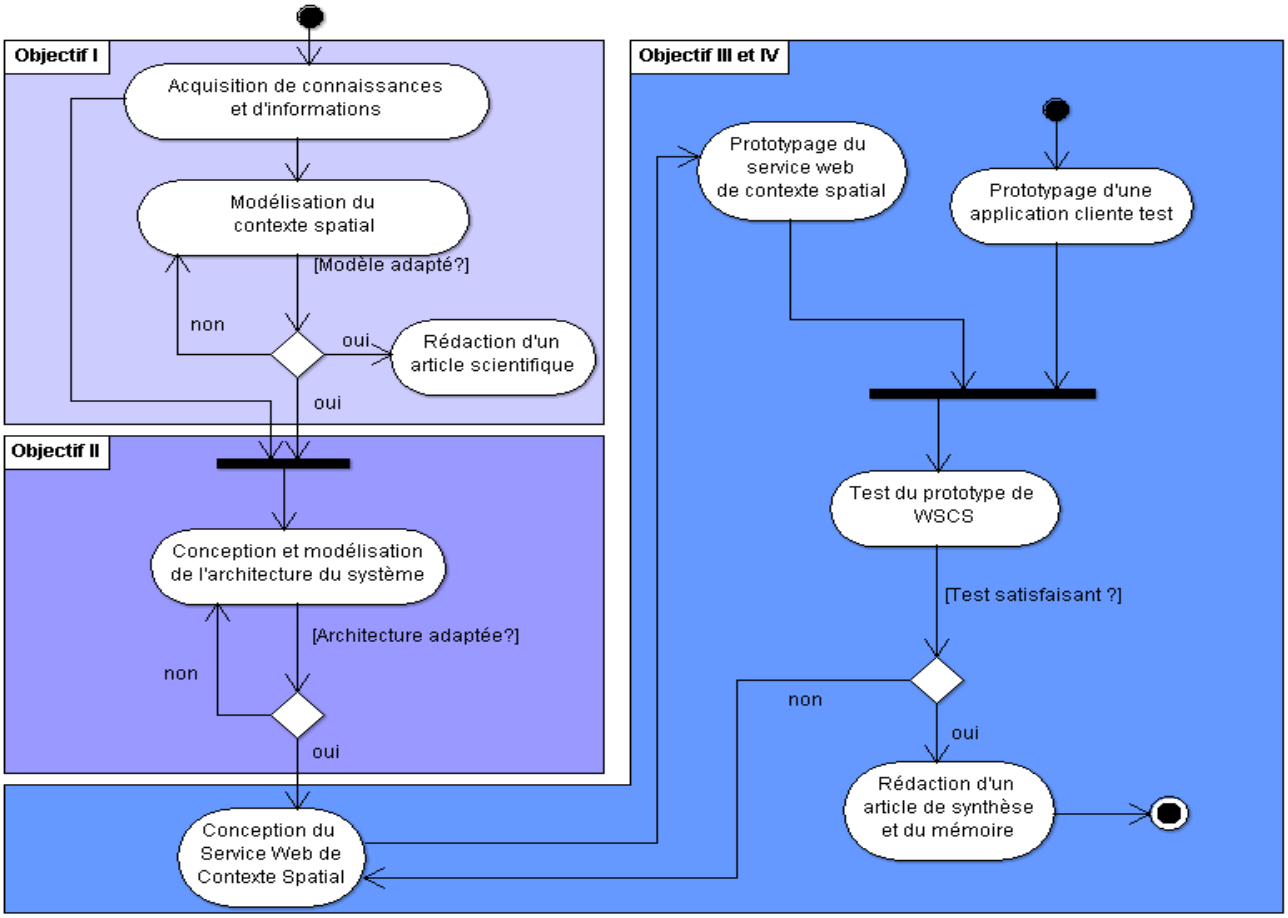


Figure 3 : Diagramme montrant la méthodologie appliquée dans le but de proposer un système pour l'exploitation du contexte spatial (RA, Jeux, Mobiles) sur des téléphones intelligents dans le cadre de jeux éducatifs interactifs.

La première étape de notre démarche a été de collecter des informations sur les différents éléments en jeu dans ce projet. Cette collecte va de l'acquisition de connaissances sur la conception et la réalisation d'applications SIG mobiles à une revue de littérature sur la modélisation de contexte en passant par une documentation sur les techniques de RA, les caractéristiques des téléphones intelligents et les jeux éducatifs. À partir de cette base de connaissances, nous avons procédé à la définition et à la modélisation du contexte spatial (Jeux, RA, Mobile) pour les jeux éducatifs sur téléphones intelligents en environnement multi-joueurs. Toutes ces tâches ont contribué à atteindre le premier objectif (objectif I) de notre projet.

Par la suite, nous avons enrichi nos connaissances en complétant notre revue de littérature avec un tour d'horizon de l'existant en matière d'infrastructures de gestion de contexte. Grâce à l'étude de certaines des propositions rencontrées, (voir le chapitre 2 de ce mémoire) additionnée à l'analyse de notre système, nous avons pu dégager les défis techniques qu'implique la gestion interopérable du contexte spatial ainsi que les besoins de notre système. La proposition d'une architecture répondant aux dits besoins a pu être faite, nous permettant ainsi de parvenir à la réalisation de notre second objectif (Objectif II). Le cœur de cette architecture est un service web de contexte spatial dont nous devons définir le fonctionnement, le contrat de service, l'encodage et les formats d'échanges de données, de manière évolutive et générique. Ce travail a fait l'objet de notre objectif III.

Arrivé à ce stade-ci de notre projet (modèle de contexte spatial et architecture proposées), notre but était de faire une preuve par l'exemple (objectif IV) et d'aller plus loin que la seule conception du service web de contexte spatial. Nous avons opté pour la délimitation d'un cadre expérimental concret dans lequel nous pouvions implanter un prototype du WSCS et le tester à partir d'applications mobiles de jeux clientes. Ce cadre expérimental est relatif au projet GéoÉduc3D et est essentiellement caractérisé par un scénario de jeu test. Étant donné que notre projet s'inscrit dans des domaines (RA, mobilité, système ubiquitaire) qui évoluent très

rapidement, il est nécessaire d'adopter une méthodologie adaptative, pour cette partie applicative, qui nous donnerait la liberté de revenir sur certaines de ses étapes afin d'adapter les propositions à toute évolution ou changement du cadre expérimental ou des outils technologiques utilisés. Par conséquent, nous avons adapté notre démarche du cadre méthodologique Crystal qui présente tous les avantages des méthodes AGILE propre au génie logiciel (Vickoff, 2003) : flexibilité par rapport au changement, rapidité, etc. La première phase de notre démarche a consisté en la collecte des spécifications de l'application cliente sous forme de cas d'utilisation sommaires que nous avons ensuite classé par ordre de priorité relativement au degré d'utilité des fonctionnalités pour notre preuve de concept. Après nous avons procédé à une première ébauche de l'architecture d'implantation puis nous sommes rentrés dans une phase itérative de mise en œuvre. Des tests sont effectués tout au long du processus de développement, ainsi que le « refactoring » du code. Par itération, la conception du service web a été revue en fonction des résultats des tests, ce qui nous amenait à effectuer de nouveau, dans une certaine mesure, la chaîne d'action conduisant à de nouveaux tests. L'itération s'est terminée par une proposition finale du WSCS avec ses spécifications.

A chaque objectif rempli correspond un livrable : modèle de contexte pour l'objectif I, architecture de gestion du contexte spatial pour l'objectif II, spécifications du WSCS pour l'objectif III et enfin prototype du WSCS/Client et tests pour l'objectif IV.

1.6 Organisation du mémoire

Ce mémoire est divisé en cinq chapitres dont deux sous forme d'articles. Le Chapitre 1 a introduit le contexte de notre recherche, la problématique adressée, les objectifs de recherche qui y sont relatives ainsi que la méthodologie adoptée pour soumettre une solution à cette problématique. Le Chapitre 2, quant à lui, présente une revue de l'existant en matière d'infrastructures de gestion de contexte à travers

l'analyse de propositions rencontrées dans les articles pertinents s'y rattachant. Le Chapitre 3 parle de la définition et de la modélisation du contexte spatial (RA, Jeux, Mobiles). Il est structuré sous forme d'un article qui a été accepté à la conférence SAGEO qui s'est tenue à Toulouse en novembre 2010. Le Chapitre 4 décrit la conception du service web de contexte spatial, ses spécifications et son prototypage. Tout comme, le chapitre précédent, il est structuré sous forme d'un article qui est en fait un article de synthèse soumis à la Revue Internationale de Géomatique en 2011. Pour finir, le cinquième et dernier chapitre vient conclure le mémoire et présenter un retour sur les objectifs et contributions de ce projet ainsi que des perspectives de travaux futurs.

Chapitre 2

Revue de l'existant

Le but de ce chapitre est de présenter les approches de modélisation de contexte et les solutions d'infrastructures de gestion de contexte rencontrées dans la littérature. Tous les éléments relevés ici nous ont permis de bien cerner les enjeux et les possibilités techniques qu'implique une gestion de contexte en mobilité. Ils nous ont été utiles pour choisir notre approche de modélisation du contexte spatial (objectif I) ainsi que pour définir, dans une certaine mesure, notre proposition d'architecture pour la gestion du contexte spatial (objectif II).

La plupart des approches pour le développement d'applications sensibles au contexte ne font pas de distinction entre l'application elle-même et la gestion du contexte. Cela est dû principalement à la forte dépendance qui existe entre le cadre applicatif et les modèles de contexte. Nous verrons donc, dans un premier temps, les approches de modélisation qui ont fait leurs preuves dans divers cadres applicatifs. Dans un second temps, les architectures de systèmes sensibles au contexte que nous avons retenu comme pertinentes seront présentées.

Dans la suite de nos travaux et de ce mémoire, nous avons adopté les définitions de concept relatives à la modélisation et aux architectures de systèmes sensibles au contexte suivantes :

Modélisation de contexte : C'est le processus de production d'une description formelle ou semi-formelle d'un jeu de données récupérés de capteurs et d'utilisateurs présents dans le système sensible au contexte. (Benazzouz et al., 2010).

Modélisation de données de contexte : C'est le processus de représentation du contexte à son niveau « données ». Les données peuvent être de plusieurs types : données physiques (température, pression, etc.), données système et réseaux

(appareils, leurs fonctionnalités, etc.), données utilisateurs (préférences, profile, etc.) (Benazzouz et al., 2010).

Capteurs : Un capteur est une entité matérielle ou logicielle capable de percevoir, d'acquérir et de fournir de la donnée contextuelle. On parle aussi de source de contexte. Il en existe trois types (Baldauf et al., 2007) :

Capteurs physiques : Ils sont capables de capturer presque tout type de données physiques. Il s'agit par exemple des capteurs audio (microphones), des capteurs de position (GPS) ou encore des accéléromètres.

Capteurs virtuels : Ils fournissent des données contextuelles provenant d'applications ou de services. Il s'avère donc possible d'utiliser le calendrier ou les courriers électroniques de l'utilisateur pour récupérer une information de position, ou encore un formulaire HTTP envoyé pour avoir le profil d'un joueur.

Capteurs logiques : Ces capteurs combinent plusieurs sources d'informations, notamment les capteurs précédents, pour déduire d'autres données. Par exemple, un capteur logique peut être construit pour détecter l'adresse d'un joueur en analysant sa position GPS et en utilisant un système de géocodage.

2.2. Approches de modélisations de données de contexte

Une modélisation est nécessaire pour définir et stocker les données contextuelles dans un système où leur traitement et leur interrogation sont possibles. Les principales approches utilisées dans la littérature ont été répertoriées lors d'une étude réalisée par (Strang et Linnhoff-Popien, 2004). Ces approches sont :

- *Modèle clé-valeur* : Des paires clé-valeur sont utilisées pour décrire le contexte. Ces modèles représentent la plus simple structure de données pour la modélisation de données de contexte. Le Context-Toolkit de Dey est notamment basé sur ce modèle (cf. section 2.3.3.1).
- *Modèle basé sur la logique* : il est basé sur les faits, expressions et règles. Un

système logique manipule les objets élémentaires du modèle pour déduire une logique de haut niveau en utilisant les règles prédéfinies pour déduire de nouveaux faits.

- *Modèle graphique : Le langage* UML[10] convient également pour la modélisation de données contextuelles, de même que l'utilisation d'une extension d'ORM[11] avec les informations de contexte (Sheng et Benattallah, 2005).
- *Modèle orienté-objet* : Utiliser les techniques de l'orienté-objet permet de profiter pleinement de la force de ce système (encapsulation, réutilisabilité, héritage etc.). Les approches existantes utilisent des objets variés pour représenter les différents types d'informations contextuelles (localisation etc.) et encapsulent les détails du traitement et de la représentation du contexte dont les accès sont fournis par des interfaces bien définies. Le projet Hydrogen (Hofer et al., 2003) est basé sur ce modèle.
- *Modèle de systèmes de balisage* : Ces modèles ont une structure hiérarchique composée de balises avec des attributs et des contenus.
- *Modèle basé sur ontologie* : Les ontologies représentent une description des concepts et des relations. Aussi, ils constituent un instrument prometteur pour la modélisation des informations contextuelles de part leur haute expressivité et les possibilités d'applications des techniques de raisonnement ontologique.

D'après différentes recherches (Strang et Linnhoff-Popien, 2004; Benazzouz et al., 2010; Hristova, 2008), les modèles basés sur l'ontologie sont les plus expressifs et répondent le mieux aux exigences de ces systèmes. Toutefois, étant donné que chaque architecture vise un but différent, ce modèle n'est pas toujours choisi. Notons aussi que cette étude ne fait pas de distinction entre la modélisation de contexte et la modélisation de données contextuelles. (Benazzouz et al., 2010)

---

[10] Unified Modeling Language

[11] Object-Role Modeling

adressent précisément cet aspect en concentrant leur revue de littérature, sur les approches de modélisation, sur les données contextuelles et leur représentation.

Il existe trois types de représentation de données de contexte : numérique, symbolique et structurel.

Dans sa forme *numérique*, une donnée contextuelle est une valeur réelle. Elle n'a pas de signification en elle-même, mais par le sens que nous lui attribuons. Par exemple, la valeur fournie par un thermomètre pourrait indiquer une haute température (Ramanathan, 1992).

Dans sa forme *symbolique*, elle est un concept représentant un fait ou un signe. Il s'agit par exemple de l'activité (debout, assis, en marche etc.) d'une personne (Laerhoven, 2001). Ce genre de données nécessite un minimum de traitement pour leur attribuer une signification.

Dans sa forme *structurelle*, elle est une donnée composée dont la signification est portée par toute la structure. Il existe trois techniques populaires qui expriment les données de contexte structurelles : (1) donnée attribut-valeur, (2) donnée objet et (3) donnée sémantique.

(1) *Donnée attribut-valeur* : Les données de contexte attribut-valeur sont organisées en paires (nom de l'attribut/valeur) sous forme de lignes et de colonnes. Chaque colonne représente l'implémentation physique de la relation entre le nom de l'attribut et la valeur de la donnée et chaque ligne représente l'implémentation physique de la relation entre les attributs elles-mêmes.

(2) *Donnée objet* : C'est un mode de représentation structuré pour décrire un élément par ses caractéristiques. Par exemple, la position (GPS) est un objet composé de trois valeurs X, Y et Z. Les deux raisons principales qui ont conduit à une telle représentation sont la possibilité d'effectuer un raisonnement logique et une déduction ainsi que le fait que la manipulation d'objets est devenue plus facile grâce aux développements de plusieurs techniques et des langages de programmation adaptés à l'orienté-

objet.

(3) *Donnée sémantique* : C'est la description du contenu de l'information composée par la donnée et sa signification. Cela signifie que la sémantique de la donnée est contenue dans la donnée elle-même. Plusieurs travaux se sont intéressés à ce modèle, comme dans (Euzenat et al., 2008), où la donnée contextuelle est représentée par (sujet, prédicat, valeur, date, certitude).

Dans le Tableau 3, nous présentons un résumé de l'étude sur la pertinence des trois types de représentation en tenant compte de trois caractéristiques essentielles des modèles de données de contexte : la sémantique, l'interopérabilité et la flexibilité (Benazzouz et al., 2010)**.** Chacune de ces caractéristiques est décrite dans la suite, tout en relevant leur importance pour un modèle de données contextuelles destiné à une exploitation efficace dans un système sensible au contexte.

- L'aspect *sémantique* intervient dans la mise en place d'un format commun pour les données provenant de sources diverses afin de permettre leur partage et leur réutilisation par les systèmes conscients du contexte. Par conséquent, il est nécessaire que le modèle de données englobe à la fois les données et leur sémantique.
- *L'interopérabilité* doit être assurée entre le modèle de données et les systèmes qui les utilisent, car, ainsi, quelque soit le service (ou la solution) présent dans l'environnement, l'utilisation et l'échange des mêmes données contextuelles seraient possibles sans efforts de développement supplémentaires.
- Toujours afin de permettre la réutilisation d'un modèle en cas de changement advenant dans le système, l'architecture ou l'application, il est nécessaire qu'il soit *flexible* et qu'il y ait possibilité de le faire évoluer et/ou de l'adapter aux changements.

		Sémantique	Interopérabilité	Flexibilité
Donnée de contexte numérique		Non supporté	Nécessite une connaissance supplémentaire de la sémantique et du format de donnée	Non flexible
Donnée de contexte symbolique		Non supporté	Nécessite une connaissance additionnelle de la sémantique et du format de donnée	Non flexible
Donnée de contexte structurelle	Attribut-valeur	Supporté partiellement	La sémantique est donnée par l'attribut	Extension dans les tables
	Objet	Supporté partiellement	Nécessite une connaissance supplémentaire des fonctions d'accès	Encapsulation d'objets
	Sémantique	Totalement supporté	Nécessite un parseur de sémantique	Langage descriptif

Tableau 3 : Étude comparative des trois types de représentation de données contextuelles (Benazzouz et al., 2010).

La conclusion tirée de cette comparaison est que le type de représentation structurel est le plus efficace. Il possède des facilités comme le support de l'interopérabilité et de la flexibilité ainsi que la capacité d'intégrer la sémantique de la donnée. Au regard de cette déduction, cette approche sera celle mise en œuvre dans nos travaux en ce qui concerne notamment la modélisation des données du contexte spatial selon les questions de jeux, RA et mobilité.

2.3. Architectures de systèmes sensibles au contexte

Depuis les premières recherches sur le contexte et son exploitation dans les applications et systèmes informatiques, le monde de l'informatique ubiquitaire a assisté à l'apparition de diverses approches d'implémentation de système sensible au contexte dans plusieurs domaines différents. Ces approches dépendent de conditions particulières comme la localisation des capteurs (locaux ou distants), le

nombre d'utilisateurs potentiels (un ou plusieurs), les fonctionnalités disponibles sur l'appareil utilisé (ordinateurs haut de gamme ou petits appareils mobiles), ou encore la facilité d'extension future du système. Au-delà de ces conditions, la méthode d'acquisition des données contextuelles est un paramètre important à prendre en compte lors de la conception de tels systèmes car il intervient sur le style architectural du système à concevoir. Dans la suite, nous allons présenter, à la section 2.3.1, les approches d'acquisition de contexte, à la section 2.3.2, l'architecture en couche de systèmes sensibles au contexte et enfin en section 2.3.3 quelques propositions de plateformes sensibles au contexte.

2.3.1. Approches d'acquisition de contexte

Pour rappel, l'acquisition des données se fait à travers les capteurs disséminés dans l'environnement. Cependant, il peut s'avérer nécessaire de dérouler des traitements sur les données, particulièrement celles provenant des capteurs physiques, pour en extraire des connaissances plus spécialisées ou plus exploitables par les applications finales. (Chen Harry Lik, 2004) a proposé la catégorisation des méthodes d'acquisition de contexte en trois classes :

- *Accès direct aux capteurs* : Ce type d'approche est souvent utilisé dans la mesure où les appareils utilisés disposent de capteurs intégrés. L'application cliente récupère alors les informations directement des capteurs ce qui implique qu'il n'y a pas nécessité de passer par une couche intermédiaire d'accès et de traitement de l'information. Il apparaît clairement que cette approche n'est pas adaptée pour les systèmes distribués ou quand plusieurs utilisateurs ont besoin d'accéder à l'information puisqu'il y a un couplage serré entre l'application cliente et l'appareil ainsi que l'absence d'un composant capable de gérer plusieurs accès concurrentiels.
- *Infrastructure d'intergiciel :* Ce type de méthode voit l'introduction d'une couche applicative permettant de rendre transparent les détails de capture

bas-niveau. L'apport de cette approche par rapport à l'accès direct réside dans la facilité d'extensibilité qu'elle offre dans la mesure où les fonctions d'accès sont encapsulées et qu'il n'est plus nécessaire de modifier le code client lorsque de nouveaux capteurs entrent en jeu. De plus, le code d'accès devient réutilisable. Cependant, il se pose un problème par rapport aux capacités du terminal client car les ressources informatiques de ce dernier sont sollicitées par les opérations de l'intergiciel ce qui constituerait un point limitatif pour les terminaux mobiles.

- *Serveur de contexte* : Cette approche étend la précédente en ajoutant un composant distant de gestion d'accès. En effet le serveur de contexte est une entité informatique qui fourni de l'information contextuelle à différentes applications sensibles au contexte dans un environnement distribué. Le serveur étant hébergé dans une machine riche en ressources, il devient possible à plusieurs clients (mobiles ou non), disposant ou pas de capteurs intégrés, d'acquérir le contexte. Cette méthode est la plus adaptée en mobilité mais en retour, il faut réfléchir aux protocoles appropriés, aux performances du réseau, etc., lors de la conception d'un système sensible au contexte basé sur une architecture client-serveur.

Étant donné que notre intérêt se porte sur le contexte spatial en mobilité dans le cadre des jeux éducatifs interactifs pour téléphones intelligents, nous allons nous concentrer sur les architectures basées sur les serveurs de contexte et leur intégration dans un système distribué. Après avoir analysé les architectures en couche qui sont apparues ces dernières années, on peut identifier une architecture commune à toutes les implémentations de systèmes sensibles au contexte, architecture que nous présenterons dans le paragraphe à suivre.

2.3.2. Architecture en couches

Cette architecture prend en compte l'importance de la séparation entre la détection du contexte et son exploitation pour l'extensibilité et la réutilisabilité des systèmes. Nous avons vu plus tôt que les données brutes récupérées au niveau des capteurs physiques et virtuels peuvent avoir besoin d'un traitement supplémentaire. Ainsi aux couches de détection et d'utilisation du contexte viennent s'ajouter les couches d'interprétation et de raisonnement. Étant donné que nous sommes dans un environnement distribué, une couche de stockage et de gestion est également nécessaire (Baldauf et al., 2007; Ailisto et al., 2002; Dey et Abowd, 2001). L'architecture est expliquée à l'aide du schéma présenté à la Figure 4:

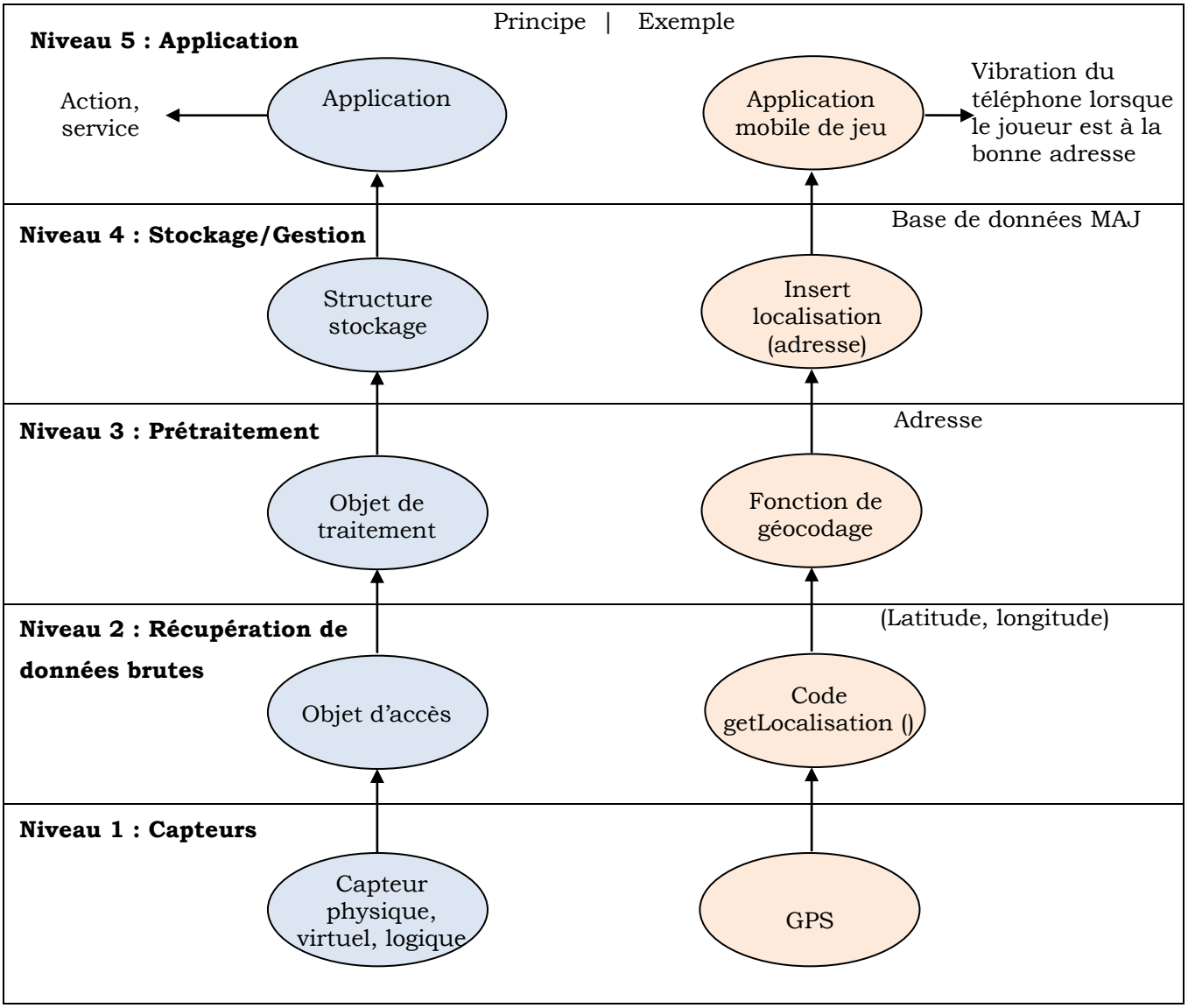


Figure 4 : Architecture en couches: Principe et exemple

Les différentes couches sont décrites de la manière suivante :

- *Niveau 1 : Couche Capteurs* : On retrouve dans cette couche la collection des capteurs physiques et virtuels disséminés dans l'environnement.
- *Niveau 2 : Couche Récupération de données brutes* : Récupération par des composants logiciels (APIs, pilotes) qui rendent transparents les détails

d'accès aux données à travers des méthodes abstraites.

- *Niveau 3 : Couche Prétraitement* : À ce niveau on retrouve l'implémentation de méthodes permettant d'interpréter et de raisonner l'information contextuelle ainsi que de faire des compositions d'informations provenant de plusieurs capteurs (Par exemple, savoir si un utilisateur est à l'intérieur ou à l'extérieur d'un bâtiment en détectant la lumière et la température là où il se trouve). Les données sont élevées à un niveau d'abstraction plus élevé et deviennent utilisables par les concepteurs d'applications clientes. Les méthodes statistiques d'analyse et de combinaison pour extraire d'autres informations peuvent être implémentées directement dans l'application ou dans cette couche, option qui est préférable puisque cela allège le client et lui permet de faire une seule requête pour avoir des informations de haut niveau d'abstraction au lieu de se connecter lui-même à divers capteurs. L'existence de cette couche est également justifiée par la possibilité de résolution de conflits issus de la réception d'informations contextuelles de différents capteurs dans une infrastructure distribuée. Cette couche peut être omise dans certaines implémentations s'il n'est pas utile d'appliquer des transformations sur les données brutes.
- *Niveau 4 : Couche Stockage et Gestion* : Les données contextuelles récupérées sont structurées, stockées et rendues disponibles au client à travers une interface publique. L'application cliente peut ainsi y accéder à distance de manière synchrone (attente de la réponse du serveur) ou asynchrone (le client est notifié lorsqu'un évènement auquel il est abonné se produit).
- *Niveau 5 : Couche Application* : Les méthodes clientes qui exploitent les données contextuelles à des fins d'adaptation sont implémentées à ce niveau.

2.3.3. Plateformes sensibles au contexte

Jusqu'ici nous avons parcouru les travaux sur les approches de modélisation du contexte et sur les différentes couches applicatives à implanter pour acquérir, stocker, traiter et utiliser l'information contextuelle. Ces propositions restent cependant conceptuelles et il serait intéressant de voir comment est mise en œuvre toute une plateforme consciente du contexte. C'est ce que nous allons donc faire dans cette section en présentant deux des plateformes rencontrées dans la littérature. Il s'agit du Context Toolkit (section 2.3.3.1) et du projet Hydrogen (2.3.3.2).

2.3.3.1. Context Toolkit

Le Context Toolkit est un outil, élaboré par (Dey et Abowd, 2001), ayant pour but de faciliter le développement et le déploiement d'applications sensibles au contexte. Il est développé en Java mais peut être utilisé avec différents langages de programmation sur différentes plateformes. Cette boite à outils est basée sur l'exploitation de widgets de contexte contenus dans une infrastructure distribuée; on y trouve, en plus des widgets, des serveurs de contexte et des interpréteurs de contexte (voir Figure 5). Les applications et le Context Toolkit peuvent tourner sur des machines différentes et communiquer à travers un réseau. Nous allons définir un à un les différents éléments conceptualisés dans le Toolkit:

- Widgets de contexte: un widget est un composant logiciel qui permet aux applications d'avoir accès à l'information de contexte tout en leur cachant les détails sur la manière dont l'information est captée. Il y a donc séparation entre l'exploitation du contexte et les détails sur la sensibilité au contexte. Un exemple de widget: le PersonNamePresence. Ce widget détecte la présence d'un utilisateur et est capable de l'identifier. Il est relié à un capteur qui donne à la fois l'information sur la présence et l'identité de ce dernier.
- Serveur de contexte: composant qui agrège le contexte à propos d'entités

particulières comme l'utilisateur, sa localisation, les objets ou encore les interpréteurs de contexte.

- Interpréteurs de contexte: composant qui interprète le contexte en d'autres formes de contexte.

Le Context Toolkit offre les services suivants:

- Encapsulation des capteurs;
- Accès aux données de contexte à travers une API de réseau;
- Abstraction des données de contexte à travers des interpréteurs;
- Partage des données de contexte à travers une infrastructure distribuée;
- Stockage des informations de contexte y compris l'historique;
- Contrôle d'accès de base pour la protection de la vie privée.

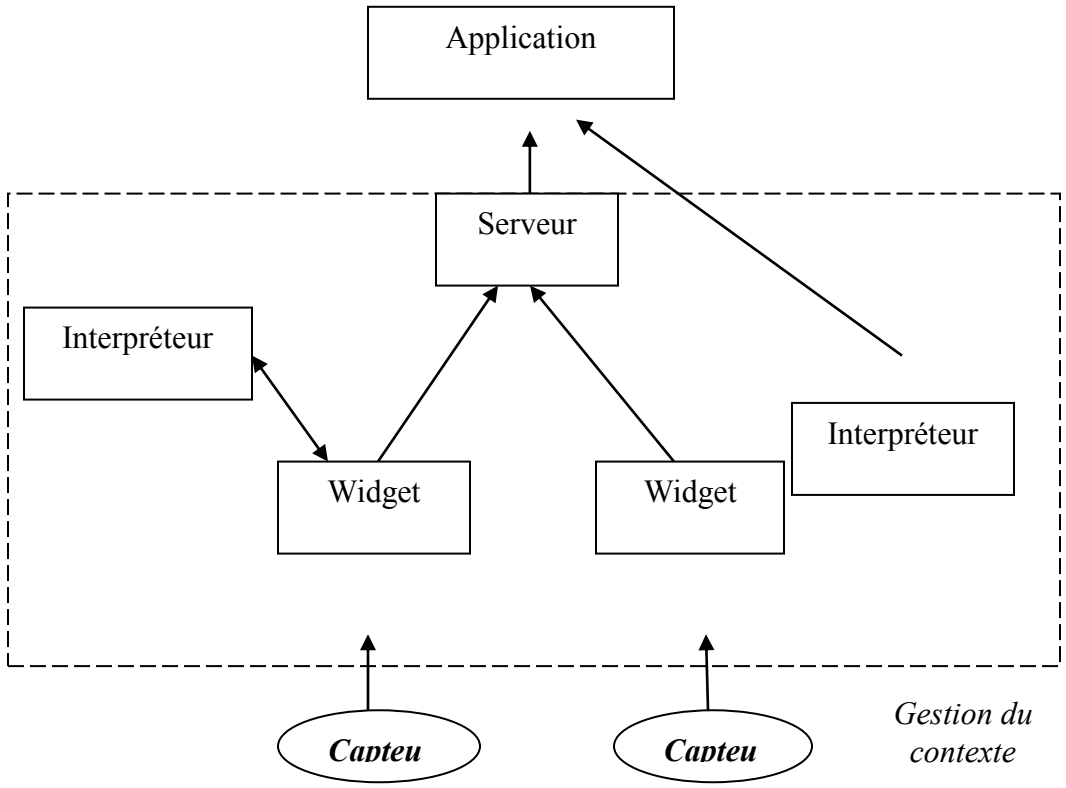


Figure 5 : Le Context Toolkit de Dey (Dey et Abowd, 2001)

Les capteurs acquièrent les informations de contexte et les envoient aux

widgets. Ces informations sont ensuite traitées au niveau de l'interpréteur pour avoir une représentation de haut niveau plus exploitable par les applications. Les données résultantes sont encapsulées dans des widgets puis mises à disposition au niveau des serveurs. Les informations de contexte peuvent être fournies à l'application soit par le serveur soit directement par un interpréteur.

2.3.3.2. Le projet Hydrogen

Une autre plateforme basée sur une architecture en couches (trois couches) qui a été construite pour répondre au besoin spécifique des appareils mobiles est *l'Hydrogen Context-Framework* (Hofer et al. 2003). Dans cette approche, une distinction est faite entre le contexte local et le contexte distant, le premier étant l'information dont notre propre appareil est consciente et le second toute information dont un autre appareil est au courant. Quand les appareils sont proches physiquement, ils deviennent capables d'échanger leurs contextes en pair-à-pair via le réseau local ou Bluetooth : c'est l'échange de contexte. Les trois couches sont définies de sorte qu'il y ait séparation entre les méthodes d'interaction avec les capteurs physiques, le stockage et le maintien du contexte des applications elles-mêmes. Il s'agit des couches Adaptateur, Gestion et Application. La couche Adaptateur est responsable de la récupération de données de contexte brutes en interrogeant les capteurs. Elle permet l'utilisation concurrentielle du capteur par plusieurs applications. La couche Gestion, quant à elle, s'appuie sur la couche Adaptateur pour avoir des données contextuelles et est responsable de fournir et de récupérer des contextes. Son implémentation est faite à travers un *Context Server* qui offre l'information stockée, via des méthodes synchrones et asynchrones, aux applications clientes. Enfin la couche Application est celle où l'on retrouve le code conçu pour réagir aux changements spécifiques des contextes. Toutes les communications entre couches sont basées sur un protocole-XML.

2.4. Conclusion du chapitre

Dans ce chapitre, nous avons en premier lieu présenté les différents concepts et approches relatifs à la représentation des données décrivant le contexte. Par la suite, un tour d'horizon des propositions d'infrastructures destinées à la gestion et à l'utilisation du contexte a été fait. Cela nous a permis de voir les approches d'acquisition de l'information et les couches architecturales visant à gérer depuis l'acquisition jusqu'à l'utilisation effective de la donnée. Nous avons également regardé de près deux plateformes d'intérêt existantes dans la littérature.

Nous pouvons retenir qu'un type de représentation structurelle offre tout le potentiel pour un support effectif de la flexibilité, l'interopérabilité et la sémantique des données, trois caractéristiques importantes pour l'obtention d'un modèle de données contextuelles destiné à une exploitation dans un environnement interopérable appelé à évoluer. À côté de cela, et avec en tête la vue d'ensemble du domaine offerte au chapitre précédent, nous pouvons remarquer que les modèles et architecture orientés données sont rares (qui séparent donc l'application de la gestion même du contexte) et qu'il n'en existe pas une que nous pouvons étendre facilement pour répondre aux besoins de notre propre cadre applicatif (Jeux, RA, mobilité, interopérabilité). Avec une idée de la manière dont le contexte est mis à profit dans les systèmes étudiés ici, nous pouvons maintenant procéder à la modélisation du contexte spatial ainsi qu'à la proposition d'une architecture appropriée. Ces différents aspects seront abordés dans le chapitre suivant.

Chapitre 3

Définition et modélisation du contexte

Dans ce chapitre, présenté sous la forme d'un article scientifique, nous exposons notre définition de contexte spatial ainsi que la modélisation qui en est proposée en tenant compte des caractéristiques de notre cadre applicatif (Jeux, Mobilité, Réalité augmentée). L'architecture du système orienté service capable de supporter l'acquisition et la diffusion de données de contexte est aussi introduite ici. Cet article a été soumis et accepté à la conférence SAGEO'10 (Spatial Analysis and GEOmatics) qui a eu lieu à Toulouse, France en Novembre 2010. Au moment de sa soumission, la modélisation de données de contexte spatial n'était pas encore aboutie; les compléments de l'article (section 3.3) viennent présenter cet aspect.

Quelques modifications mineures ont été faites au niveau de la mise en page afin de rendre l'article conforme pour le présent mémoire.

3.1. Contributions

L'article constituant le corps de ce chapitre est ainsi référencé :

[Edoh-Alove et al., 2010] Edoh-Alove, E., Hubert, F., Badard, T. « Vers la conception d'un service Web de contexte spatial dédié aux téléphones intelligents dans le cadre de jeux éducatifs interactifs. » *dans SAGEO 2010, Outils, Méthodes et Modèles en Géomatique pour la production de connaissances sur les territoires et le paysage (CD-ROM),* Toulouse, France.

3.2. Corps de l'article

Titre: Vers la conception d'un service Web de contexte spatial dédié aux

téléphones intelligents dans le cadre de jeux éducatifs interactifs.

Auteurs: Elodie Edoh-Alove, Frédéric Hubert, Thierry Badard

Résumé: GéoÉduc3D est un projet qui vise à élaborer des jeux éducatifs interactifs, pour téléphones intelligents, basés sur les sciences géomatiques et exploitant la réalité augmentée pour rendre ces jeux plus immersifs. Pour améliorer l'aspect immersif et interactif de ces jeux, nous nous sommes concentrés sur l'exploitation du contexte dans ce cadre applicatif. Des travaux de recherche se sont déjà orientés vers la définition et l'élaboration de modèles de contexte et de plateformes de gestion dudit contexte. Cependant, le cadre applicatif diffère et l'interopérabilité n'a pas été vraiment explorée. Nos travaux ont pour objectif de concevoir et d'implémenter une solution informatique dédiée à l'acquisition et à la diffusion de contexte spatial dans un environnement multi-joueurs sur et pour des téléphones intelligents. Dans cet article, nous présentons notre définition de contexte spatial, une modélisation du contexte, l'architecture de notre système orienté service pour la gestion du contexte spatial et enfin une discussion sur de futurs travaux.

Abstract: GeoEduc3D is a project that aims to develop interactive serious games for smart phones based on Geomatics and that uses augmented reality techniques in order to make these games more immersive. To improve the immersive and interactive aspect of those games, we focused on the exploitation of context in this application framework. Research has already been orientated towards the definition and development of context models and platforms for managing that context. However, the application framework is different and interoperability has not really been explored. Our work aims to design and implement an IT solution that focuses on the acquisition and dissemination of spatial context in a multi-players environment on and for smart phones. In this paper, we present our definition of spatial context, a context modeling, the architecture of our service-oriented system for managing spatial context and finally a discussion on future work.

Mots clés: contexte spatial, service web, mobilité, jeux éducatifs, réalité augmentée, multiutilisateurs.

Keywords: *spatial context, web service, mobility, serious games, augmented reality, multi-users.*

3.2.1. Introduction

Actuellement, nous constatons l'émergence d'un nombre grandissant d'applications pour appareils mobiles qui prennent en compte de façon dynamique les informations et les changements de l'environnement des utilisateurs. Le but ultime est de satisfaire encore plus les utilisateurs en leur offrant des applications riches qui s'adaptent à leur environnement (position, besoins, préférences, etc.), tant au niveau des interfaces proposées que des informations et services offerts. L'exemple du Métro de Paris[12] sur iPhone est une application très complète, interactive et explicite qui fournit, selon la localisation de l'utilisateur, diverses informations sur les stations de métro ou des enseignes connues (ex. Galerie Lafayette) à proximité et sur les orientations pour s'y rendre. De telles applications exploitent donc le contexte de l'utilisateur pour servir les informations appropriées et ciblées. Plusieurs travaux (Dey, 2000 ; Schilit *et al.*, 1994 ; Schwinger *et al.*, 2008) ont été menés sur ce sujet et ont conduit à des définitions, des approches, des modèles et/ou des outils pour des applications, mobiles ou pas, conscientes du contexte dans différents domaines comme la santé, le tourisme ou les loisirs.

Nos travaux s'inscrivent dans le cadre du projet GéoÉduc3D[13], financé par le réseau des centres d'excellence GEOIDE. Ce projet vise à proposer des jeux interactifs éducatifs, s'appuyant sur les technologies géospatiales et explorant des questions thématiques auxquelles le jeune public des adolescents est sensible : les

[12] Métro de Paris sur iPhone ou iPod Touch - http://www.metroparisiphone.com/. Accédé le 23 juin 2010.

[13] Projet GéoÉduc3D - http://geoeduc3d.scg.ulaval.ca, Accédé le 25 juin 2010.

changements climatiques, le développement durable. Ainsi, il vise à concevoir et mettre en œuvre un ensemble d'outils d'apprentissage innovants qui vont permettre d'enrichir - « augmenter » - l'expérience du joueur en rendant le jeu plus immersif, réactif, interactif. De plus, ce projet a choisi les téléphones intelligents (smartphones) comme support de travail et les « serious game » comme type de jeu éducatif. Les téléphones intelligents de type iPhone ou OS Android, très répandus de nos jours offrent une puissante et impressionnante combinaison de caractéristiques techniques (taille de l'écran, puissance de calcul, écran tactile, GPS intégré, accéléromètre, accès aux réseaux sans fil, …) intéressantes pour le déploiement de tels jeux. Concernant les jeux de type « serious game », leur sélection pour le projet résulte de leur vocation pédagogique, et du fait qu'ils permettront de rendre très ludique et attractif l'acquisition de notions ayant trait à l'environnement et au changement climatique par le jeune public.

Au final, le projet GéoÉduc3D vise à fournir des jeux éducatifs mobiles, situés dans des environnements réels, et donc exploitant la localisation du joueur et tout ce qui l'entoure, et qui offre une haute immersion à travers l'utilisation de techniques de réalité augmentée. Le contenu de tels jeux et les opportunités d'interactions du joueur dépendent de sa position courante dans le monde réel. En outre les jeux mobiles utilisant la réalité augmentée procurent une expérience de jeu plus riche permettant aux joueurs de bouger et d'interagir dans leur environnement physique avec du contenu 3D. Cette interaction, faisant partie intégrante du jeu, peut être faite entre le joueur et des objets, virtuels ou non, se trouvant dans son environnement, ou même entre différents joueurs qui doivent coopérer ou être adversaires de jeu partageant ainsi une certaine zone réelle (Broll et al., 2008).

Une attention particulière est ainsi accordée au contexte spatial du joueur et de l'exploitation que l'on peut en faire, pour le type de jeu visé, dans un environnement de jeu multi-joueurs. À titre d'exemple, la position et l'orientation d'un joueur, avec un profil de maçon, pourraient être utilisées pour offrir à ce dernier une visualisation et une interaction avec des objets de réalité augmentée

géo-référencés comme des sacs de ciment, ou une truelle, objets qu'un autre joueur avec un profil d'éclaireur ne serait pas en mesure de voir ou d'utiliser. Les possibilités d'exploitation de ce contexte sont multiples dans le cadre d'applications de ce type. Cependant, il n'existe pas actuellement de modèle de contexte spatial applicable aux jeux éducatifs interactifs avec l'usage de téléphones intelligents dans un environnement de jeu multi-joueurs. Dans un tel environnement, il n'existe pas, non plus, de système distant et interopérable pour échanger des données de contexte entre les plateformes mobiles (capteurs et applications clientes). En outre, la dissociation entre gestion du contexte et application est rarement faite et nous assistons à un manque indéniable d'accès à des données de contexte spatial (RA, Jeux, Mobile) centralisées.

Il se pose alors une question fondamentale : comment rendre disponible les données et informations de contexte spatial à toute application, n'importe où et en tout temps, en tenant compte des aspects de réalité augmentée, de jeu éducatif et de mobilité ? Notre objectif général consiste donc à concevoir et implémenter une solution informatique dédiée à l'acquisition et à la diffusion de contexte spatial dans un environnement multi-joueurs sur et pour des téléphones intelligents. Pour atteindre cet objectif, nous nous sommes orientés vers les services web (qui permettent de rendre disponible, au travers d'un simple langage d'interrogation des données et/ou informations de manière indépendante et distribuée). Dans notre situation, un service web offre d'une part la possibilité de centraliser toutes les informations de contexte de joueurs dans un environnement multi-joueurs sur un système distant en employant des opérations d'acquisition de données contextuelles. D'autre part, les données de contexte rendues disponibles dans un tel service web sont accessibles, échangeables et interrogeables par des applications clientes du jeu sur téléphones intelligents de manière totalement transparentes.

La suite de cet article présente, en section 3.2.2, un bref état de l'art sur les notions de contexte spatial et de contexte en mobilité. Ensuite, nous proposons, en section 3.2.3, une définition du contexte spatial en tenant compte des aspects de

réalité augmentée, jeux, mobilité et environnement multi-joueurs. Une modélisation descriptive du contexte spatial est également offerte dans cette même section. La section 3.2.4 présente l'architecture de notre système orienté service de gestion des données du contexte spatial. Une discussion est enfin proposée, en section 3.2.5, sur différents choix pour la suite des travaux.

3.2.2. Définitions de contexte, contexte spatial et contexte en mobilité

Plusieurs définitions de la notion de contexte existent depuis les années 90. L'une des plus pertinentes a été celle donnée par (Dey, 2000). Selon lui, le contexte est « toute information qui peut être utilisée pour caractériser la situation d'une entité, une entité pouvant être une personne, un lieu ou un objet qui est considéré comme approprié dans l'interaction entre un utilisateur et une application (les deux inclus) ». Ici, le « lieu » correspond à des espaces géographiques comme les chambres, les bureaux, les immeubles ou les rues ; une « personne » peut être un individu ou un groupe d'individus géographiquement dispersés ou réunis ; un « objet » fait référence soit à un objet physique, soit à un composant logiciel. Pour (Schilit *et al.*, 1994),le contexte d'un utilisateur se définit par le lieu, les identités des objets et personnes voisines et tous les changements sur ces objets. (Brown *et al.*, 1997) caractérise le contexte par le lieu, l'identité des personnes autour de l'utilisateur, le moment de la journée, la saison, la température, etc.

La notion de conscience du contexte (ou sensibilité au contexte) a été introduite par (Schilit *et al.*, 1994) comme étant l'habilité qu'ont les applications mobiles à découvrir et réagir aux changements de l'environnement où elles sont localisées. Pour (Hristova, 2008), un système (ou une application) est dit sensible au contexte s'il est conçu pour réagir aux changements constants dans l'environnement. Pour (Dey, 2000), un système est sensible au contexte s'il utilise le contexte pour fournir des informations pertinentes et/ou des services à l'utilisateur, la pertinence

dépendant de la tâche de l'utilisateur. Nous pouvons donc retenir qu'un système (ou une application) est conscient(e) du contexte s'il (ou elle) est conçu(e) pour acquérir, stocker, interpréter les données contextuelles afin de fournir les services et les informations répondant aux besoins de n'importe quel utilisateur à tout moment et n'importe où, utilisateur pouvant désigner une personne, une application ou un appareil. Dans la suite de cette section, nous nous concentrons sur différents types de contexte plus proches de nos intérêts : le contexte spatial et le contexte en mobilité.

3.2.2.1. Le contexte spatial

Dans la plupart des travaux menés sur les applications sensibles au contexte, le contexte spatial est réduit à la variable localisation (localisation de l'utilisateur); dans le meilleur des cas, nous pouvons identifier les places se trouvant dans l'environnement relatif de l'utilisateur (George *et al.*, 2009). Nous ne retrouvons d'ailleurs pas le terme « contexte spatial » en tant que tel dans la littérature existante, mais on peut retrouver plutôt la notion de « contexte d'usage » qui fait référence à toute information caractérisant l'utilisateur, l'environnement et la plateforme (Petit, 2010). (Li, 2007), quant à lui, avance une définition du contexte spatial (ou contexte géographique) en trois dimensions : (1) le contexte spatial statique, (2) le contexte spatial dynamique et (3) le contexte spatial interne.

Le *contexte spatial statique* (1) représente des informations géospatiales numériques et stockées qui peuvent avoir un impact sur l'environnement de l'utilisateur. Par exemple, ces informations peuvent être : le réseau routier, les bâtiments, les magasins, les stations d'essence, les structures intérieures (salles, bureaux, appartements, …), les lots de stationnements.

Le *contexte spatial dynamique* (2) correspond aux informations géo-référencées collectées par différents types de capteurs. Par exemple, nous pouvons obtenir des

données issues de capteurs de vitesse sur les routes, ou des capteurs sur le taux d'occupation des lots de stationnements.

Le *contexte spatial interne* (3) réfère aux informations ou données directement accessibles à partir des appareils locaux (ex. GPS). Par exemple, un automobiliste pourrait accéder directement à sa position, sa vitesse, son orientation, sa destination avec son GPS de voiture, à des données dans son agenda électronique, ainsi qu'au niveau d'essence avec un capteur intégré à son véhicule.

3.2.2.2. Le contexte en mobilité

Avec la prise en compte de la mobilité, différents travaux ont principalement conduit à la modélisation du contexte et à la réalisation de solutions informatiques sensibles au contexte dans plusieurs domaines applicatifs comme les maisons intelligentes, la santé, le tourisme ou les loisirs (George *et al.*, 2009 ; Tan *et al.*, 2009 ; Meng *et al.*, 2005 ; Filho *et al.*, 2008 ; Abowd *et al.*, 1997 ; Li *et al.*, 2006 ; Schwinger *et al.*, 2008 ; Repo *et al.*, 2004 ; Cai *et al.*, 2006 ; Cheverst *et al.*, 2000 ; Lopez-Velasco *et al.*, 2006). Parmi ces travaux, nous retenons (George *et al.*, 2009) qui a élaboré un modèle de contexte pour des utilisateurs d'applications de communication en mobilité. Ce modèle est basé sur la définition de six dimensions clés représentées sous la forme d'un vecteur < profil utilisateur, activité, appareil, environnement, localisation, temps>. À un moment donné, on obtiendrait par exemple le vecteur <'Étudiant','Visiter le Louvre','PDA', 'oui',' Mona Lisa','19-09-2008'>. Le modèle de contexte en mobilité, nommé TILES (Temporal, Identity, Location, Environmental and Social) proposé par (Tan *et al.*, 2009) est aussi d'intérêt. TILES est un modèle de classification et d'utilisation d'informations contextuelles dans des applications mobiles conscientes du contexte. 42 propriétés de contexte ont été classifiées à la suite de lectures d'études sur l'exploitation du contexte dans le domaine du tourisme en mobilité. Une typologie, dressée après analyse de différentes applications rencontrées dans la littérature (contexte identifié

dans plusieurs domaines : médical, apprentissage ludique, bureautique et tourisme), est composée de dix catégories de propriétés d'informations contextuelles : position, temporel, identité, environnemental, social, réseau, activité, appareil, physiologie et cognitif. Après enquête et validation des propriétés utiles dans le domaine du tourisme auprès d'un groupe d'utilisateurs, 5 catégories ont été retenues pour constituer le modèle TILES (Temporal, Identity, Location, Environmental, et Social).

Au regard de ces travaux de recherche, nous remarquons que la notion de localisation n'implique pas uniquement les coordonnées de l'utilisateur et que l'environnement peut faire référence à des objets à référence spatiale (places ou personnes avoisinantes) ou non (température, niveau de bruit). D'un autre côté, la mobilité a rendu pertinente et enrichissante les éléments de contexte comme la localisation physique, l'appareil, l'environnement relatif à l'utilisateur, c'est-à-dire l'ensemble des places proches de la position courante de l'utilisateur. Selon nous, ceci implique qu'il ne serait pas intéressant de considérer le contexte spatial comme une catégorie isolée dans le cadre de notre projet. En effet, le modèle de contexte que nous proposons de définir doit prendre en compte des éléments purement spatiaux, mais aussi d'autres critères comme le profil de l'utilisateur – soit le joueur dans le cadre du projet GéoÉduc3D –, l'appareil – un téléphone intelligent –, les aspects temporels, et les personnes à proximité. Dans la section suivante, nous allons nous attarder sur la notion de contexte spatial en proposant une définition et un modèle du contexte spatial propre au cadre de notre projet.

3.2.3. Définition et modélisation du contexte spatial (réalité augmentée, jeux, mobilité)

Selon nous, la définition du contexte à adopter doit offrir une description complète du contexte de l'utilisateur en tenant compte des propriétés que peuvent

apporter la réalité augmentée, les jeux éducatifs, l'environnement multi-joueurs et la mobilité. De plus, à la section 2.2, nous avons présenté la définition du contexte spatial par (Li, 2007) avec trois types de contexte spatial : contexte statique, contexte dynamique et contexte interne. Nous nous sommes inspirés de cette définition pour proposer une nouvelle définition du contexte spatial selon le cadre spécifique à notre travail (cf. Figure 6).

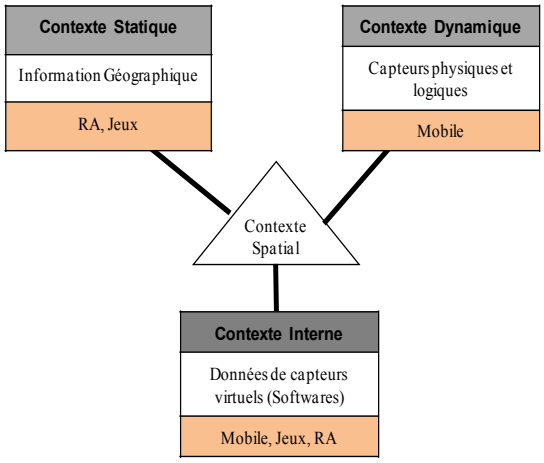


Figure 6. Définition du contexte spatial (RA, Mobile, Jeux), adaptée de (Li, 2007)

Le contexte spatial est identifié en soi par l'ensemble des informations, d'ordre spatial ou connexe, caractérisant les contextes statique, dynamique ou interne d'une entité qui peut être une personne, un endroit ou un objet considéré comme pertinent pour l'interaction entre un utilisateur et une application, les deux inclus.

Afin de mieux décrire les contextes dynamiques et internes, différentes sources d'informations contextuelles, soit des capteurs, doivent être prises en considération. Ces capteurs peuvent être identifiés selon trois types : capteurs physiques (ex. capteurs de température, capteurs de position), capteurs virtuels (ex. performance appareil, profil utilisateur) et capteurs logiques (création d'information à partir de

plusieurs sources) (Chaari, 2007). Les données peuvent être recueillies directement en étant fournies par l'utilisateur, ou indirectement, en étant fournies par d'autres services ou par des capteurs physiques. Plus précisément, nous proposons les définitions de contexte suivantes :

– **Contexte statique**: Toute information spatiale qui peut être pertinente pour la description de l'environnement de l'utilisateur et de son interaction avec l'application de jeu. Par exemple, il pourrait s'agir d'information spatiale permettant l'augmentation de la vue de la réalité de l'utilisateur avec des éléments ponctuels d'intérêts de réalité augmentée (Points Of Interest-POI) et/ou une scène de jeu avec ses limites géographiques.

– **Contexte dynamique:** ce contexte fait référence à toutes les données issues des capteurs physiques et logiques. Il s'agit notamment d'informations fournies par des capteurs comme le capteur de température, de lumière, et l'accéléromètre pour ne citer que ceux là. Par exemple, on pourrait retrouver ici l'information concernant la position courante (GPS) des joueurs, qui ont différents profils, ce qui permettrait de les faire interagir avec les objets de réalité augmentée , ou d'offrir une visualisation des positions des autres joueurs à chacun d'entre eux en temps réel.

– **Contexte interne:** ce type de contexte prend en compte les informations issues de capteurs virtuels et qui décrivent en l'occurrence le profil de l'utilisateur, l'appareil mobile, l'environnement de jeu, l'environnement social de l'utilisateur, et le réseau. On retrouvera ici par exemple les informations concernant le profil général du joueur (ex : nom, date de naissance, préférences) ou son profil dans le jeu (ex: rôle dans le jeu), ou encore celles concernant les autres joueurs appartenant ou non à son équipe. Ces informations pourraient permettre d'adapter les interactions entre les joueurs, et entre les joueurs et l'appareil.

Avec un contexte spatial ainsi défini, nous constatons que ce dernier a un aspect multidimensionnel et multi-échelle que nous devons prendre en compte lors de sa modélisation. Cette définition ne se concentre pas uniquement sur l'utilisateur et sa position, mais aussi sur l'appareil mobile, l'environnement physique, le temps, l'environnement du jeu, etc. De plus, il ne s'adresse pas seulement à une échelle locale, mais aussi à une échelle globale, relativement à un environnement multi-joueurs. Cela nous amène donc à proposer une représentation formelle du contexte spatial selon 8 catégories d'informations contextuelles. Le Tableau 4 présente ces 8 catégories selon des sous-catégories et des propriétés, qui correspondent ainsi à une modélisation descriptive du contexte spatial dans le cadre spécifique du projet GéoÉduc3D. Les descriptions des différentes catégories sont :

- *Environnement d'exécution* : cette catégorie prend en compte des informations sur la date et l'heure associées à un contexte donné pour la session utilisateur courante. Elle est importante car elle permettra de lier d'une part les différents contextes (donc informations de contexte) captés par notre système au joueur concerné, et d'autre part d'associer un temps, donc une durée de vie aux contextes, ce qui rendrait la gestion d'historique effective.

- *Joueur* : cette catégorie prend en compte des propriétés contenant des informations personnelles et professionnelles du joueur comme son nom, son âge, sa langue préférée ou son programme d'études. Cette catégorie est l'une des plus importantes car le fait de connaître des informations contextuelles liées au profil général du joueur avant et pendant le jeu permettront de produire un contenu et une interface de jeu personnalisés, et enrichiront les interactions entre les joueurs.

- *Localisation* : cette catégorie indique aussi sous forme de propriétés, la situation géographique de l'utilisateur, les éléments spatiaux qui se trouvent dans son voisinage etc. Elle est aussi primordiale puisqu'elle peut avoir un impact fort sur le déroulement des jeux et les contenus visuels et interactifs proposés dans ces derniers, dans la mesure où suivant les positions du joueur au cours du jeu, des

objets peuvent lui apparaitre en réalité augmentée, des actions peuvent être faites seulement en certains endroits pour avancer dans le jeu, des interactions peuvent être proposées entre les joueurs etc.

- *Environnement*: cette catégorie doit être prise en compte car durant le jeu, les joueurs interagissent constamment avec leur environnement. Nous faisons référence ici à des informations contextuelles propres à l'environnement ambiant (température, luminosité, climat etc.) ainsi qu'à des données sur les conditions de trafic ou le type de localité (rural, urbain, industriel).

- *Social*: connaître les personnes qui entourent (physiquement ou logiquement) un joueur ou quels joueurs constituent une équipe ou sont adversaires dans un jeu est crucial dans un environnement multi-joueurs. Cette catégorie va permettre de sélectionner à tout moment les joueurs dont les informations, comme la position par exemple, intéressent un ou plusieurs autres joueurs, ainsi par exemple un joueur ne pourrait voir, sur son écran de jeu, que les joueurs de son équipe ou ses adversaires qui sont à une certaine distance de lui.

- *Réseau*: connaître l'état du réseau, les ressources disponibles et leur état est une source d'information importante pour tout ce qui concerne le jeu et son déroulement dans la mesure où certains jeux peuvent nécessiter l'exploitation d'un serveur de jeu et/ou d'une connexion sans fil.

- *Appareil*: cette catégorie prend en compte les informations comme le type de l'appareil, les capteurs disponibles sur l'appareil (ex. accéléromètres, GPS, microphone), les possibilités de connexion, la vitesse de la connexion, l'espace mémoire, la taille de l'écran, le type d'entrée/sortie, etc.

- *Jeu*: Cette dernière catégorie est celle qui nous relie au côté jeu des applications qui devront exploiter toutes ces informations de contexte. Elle indique en effet toutes sortes d'informations contextuelles liées au déroulement du jeu comme

l'heure de début, le nombre de joueurs actuels ou les limites géographiques de l'espace de jeu.

Catégories	Sous-catégories	Propriétés
Environnement d'exécution	Aspect temporel	Date ; Heure
	Session courante	État (connecté, déconnecté, en attente)
Joueur	Profil	Nom ; Prénom ; Date de naissance ; Sexe ; Langues préférées; Humeur
	Aspect éducation	Domaine ou Programme d'étude ; Niveau d'études
	Aspect jeu	Profession du joueur ; Connaissance préféré ; Score ; Ressources et outils disponibles
Localisation (proximité)	Localisation générale	Pays ; Région ; Ville ; Quartier ou Zone
	Localisation ponctuelle	Position actuelle ; Vitesse de déplacement ; Orientation (accéléromètre) ; Direction de déplacement
	Localisation dans le jeu	Limites géographiques de la scène de jeu ; Points Of Interests (POI) pour la RA ; Objets géographiques créés par l'utilisateur
	Par proximité	Objets géographiques avoisinants ; Distance entre la position et les objets avoisinants
Environnement	Aspect général	Température ; Climat ; Saison ; Luminosité
	Aspect spatial	Type de localité (zone urbaine ou rurale) ; Conditions de trafic
Jeu		Heure début du jeu ; Nombre de joueurs autorisés ; Nombre de joueurs actuels ; Meilleurs scores ; Score de l'équipe ; Statistiques de jeu ;
Appareil mobile	Capacités	Mémoire vive ; Mémoire de stockage ; Niveau Batterie
	Fonctionnalités	Écran tactile ; Reconnaissance vocale ; Caméra ; Microphone ; Téléphone activé ; GPS ; Accéléromètre
Social	Équipe	Nom de l'équipe ; Nom des équipiers
	Général	Joueurs actuels; Personnes avoisinantes
Réseau		État du réseau ; Connexion (WiFi / GSM)

Tableau 4 : Modèle descriptif du contexte spatial (RA, Jeux, Mobile)

Les catégories Joueur et Jeux relèvent plus de notre cadre applicatif tandis que toutes les autres sont plus génériques. Nous considérons donc que notre proposition de modèle descriptif du contexte spatial peut être utilisée dans notre propre cadre applicatif de tout en permettant d'y intégrer de nouvelles propriétés d'informations contextuelles. La liste des propriétés actuellement incluses dans le Tableau 4 n'est évidemment pas exhaustive, mais elle en reflète les plus attendues. Aussi, nous y avons mis quelques unes de celles qui nous intéressent dans notre cadre applicatif. Ce modèle est aussi utile à la définition, la conception et la mise en œuvre d'un service web de contexte spatial, intégré dans un système plus global de gestion des données contextuelles, dont l'architecture fera l'objet de la section suivante.

3.2.4. Architecture du système de gestion des informations contextuelles

Le système, orienté service, de gestion des données de contexte que nous proposons a pour vocation d'acquérir, rendre disponible et gérer des données ou informations de contexte selon notre cadre applicatif. Ces données proviennent de différents capteurs intégrés aux appareils mobiles ou des capteurs externes comme des stations météorologiques (Benazzouz *et al.*, 2010). Ainsi, elles peuvent être partagées entre les différentes applications mobiles de jeu. La Figure 7 présente l'architecture fonctionnelle de ce système de gestion des données de contexte avec comme élément central un service web de contexte spatial (WSCS - Web Spatial Context Service) s'appuyant sur les recommandations de la spécification OWS[14] (de l'OGC (Open Geospatial Consortium) qui sert de référence à l'implantation de services web dans le domaine géospatial. Cette architecture se décompose comme suit :

[14] OGC Web Service Common Implementation Specification-
http://www.opengeospatial.org/standards/common, Accédé le 14 Octobre 2010

– *Tiers ressources* : Les données de contexte proviennent des différents capteurs intégrés ou non aux appareils mobiles se trouvant dans l'environnement de jeu multi-joueurs. Ces capteurs sont de différents types comme mentionné dans la section 3 : capteurs physiques ; capteurs virtuels ; capteurs logiques. D'autres ressources peuvent être exploitées comme d'autres services web de contexte qui pourraient être utiles. Un autre composant essentiel à ce tiers est la base de données qui va être directement connectée au service web de contexte spatial pour stocker très régulièrement durant une phase de jeu les données contextuelles, dont la quantité peut devenir conséquente. Cette base de données doit être en mesure de gérer les données en fonction de notre modèle descriptif défini dans la section précédente pour pouvoir répondre à nos attentes.

– *Tiers serveur* : Ce tiers est l'élément central de notre architecture car il correspond à notre service web de contexte spatial dont le but est de rendre disponible une multitude de données ou informations contextuelles à des applications clientes mobiles. Ce service web traite les différentes requêtes en provenance des applications clientes pour stocker des données et pour en retourner à n'importe quel moment et de n'importe où. Pour effectuer le stockage et la gestion des données de contexte, nous avons besoin d'utiliser la base de données du tiers ressources. Ce service doit également être capable d'exploiter les autres ressources disponibles pour compléter les informations contextuelles à stocker.

– *Tiers client* : Les clients sont des applications mobiles de jeu déployées sur différents téléphone intelligent (iPhone ou sous OS Android). Ils utilisent les réseaux sans fil (WiFi, 3G) pour accéder à notre service web. Via cet accès, des requêtes d'acquisition peuvent être envoyées au service web avec de nouvelles données de contexte. Ces clients peuvent aussi produire des requêtes pour interroger le service web afin de récupérer des données de contexte selon

différents niveaux de détails dans le but final de les traiter côté client et de servir l'utilisateur en conséquence.

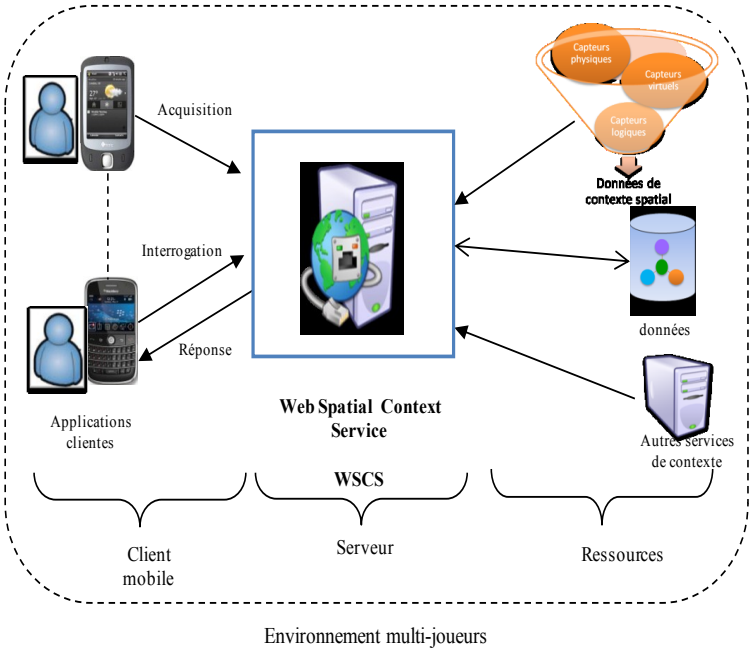


Figure 7. Architecture du système de gestion de données contextuelles spatiales.

Pour mieux comprendre le fonctionnement de ce système, prenons l'exemple d'un appareil comme l'iPhone qui dispose de multiples capteurs physiques comme le GPS pour la position, l'accéléromètre pour l'orientation, la caméra pour le flux vidéo, ainsi que des capteurs virtuels comme un formulaire web pour la saisie d'un profil joueur. Les fréquences d'envoi des requêtes d'acquisition des informations contextuelles fournies par ces capteurs ne sont pas les mêmes : le profil du joueur est envoyé une seule fois au début de la session de jeu, alors que sa position et son orientation sont fournies à intervalles de temps réguliers. Le service web de contexte spatial, en recevant ces requêtes, récupère ces informations d'intérêt et les stocke dans la base de données, tout en les complétant avec les informations issues des capteurs ou autres services de contexte. De part le fait que cette information soit

rendue accessible, toute application de jeu peut ainsi la récupérer au travers de requêtes d'interrogation, envoyée au WSCS.

3.2.5. Discussions

Au regard de l'architecture présentée dans la section précédente, différents éléments dans la conception de notre système sont encore en discussion. Le *stockage des données de contexte spatial*, comme premier élément de discussion, est un élément central de notre service web en fonction de la structuration de nos données pour en faciliter les requêtes et aussi les gains de temps. Nous avons défini dans la section 3 un modèle descriptif du contexte spatial dédié aux spécificités et attentes du projet GéoÉduc3D. Les catégories, proposées dans ce modèle sont reliées entre elles par différentes relations sémantiques. Par exemple, plusieurs utilisateurs (catégorie joueur) jouent à un jeu (catégorie jeu), ou encore mon téléphone intelligent sur Android (catégorie appareil mobile) est localisé dans le pavillon Casault de l'Université Laval (catégorie localisation). Nous envisageons donc de concevoir un modèle de données générique et flexible supportant cette sémantique, ainsi que le modèle descriptif, tout en tenant compte d'autres contraintes comme l'aspect temps réel inhérent à la notion de contexte dans un jeu, ou la constitution de requêtes efficaces étant donnée le grand nombre de données. Différentes stratégies devront être explorées selon la définition d'un modèle de classe ou bien la définition d'un modèle basé sur des graphes RDF (Resource Description Framework) pour les relations sémantiques (Benazzouz *et al.*, 2010).

Les *spécifications du service web de contexte spatial*, comme second élément de discussion, doivent être définies pour pouvoir concevoir et mettre en œuvre ce service. Outre la définition d'un contrat de service, un format d'échange et un langage d'interrogation sont à définir et à adopter pour une pleine efficacité de notre service. Le contrat de service devra offrir différentes opérations d'acquisition et de diffusion de données de contexte comme setContextData, pour enregistrer de

nouvelles données contextuelles ou getContextData pour récupérer des données de contexte spatial. Le format d'échange et le langage d'interrogation pourront aussi être définis selon le modèle final que nous aurons adopté pour la modélisation des données de contexte évoquée précédemment et s'appuieront sur le langage XML pour permettre une interopérabilité entre systèmes communicants avec ce service.

3.2.6. Conclusion et perspectives

L'objectif de cet article était de présenter les premières réflexions et contributions quant à la conception d'un service web de contexte spatial dédié à des applications de jeu éducatif interactifs et immersifs pour et sur des smartphones dans le cadre du projet GéoÉduc3D. Après avoir effectué une brève revue de littérature sur différentes notions du contexte spatial, nous avons proposé une définition du contexte spatial qui permet de déterminer les données de contexte à prendre en compte dans notre cadre applicatif. Une autre contribution a été d'élaborer un modèle descriptif facilement extensible et réutilisable du contexte spatial, en se basant sur cette définition. Enfin, nous avons proposé une architecture pour un système de gestion du contexte spatial avec comme élément central un service web de contexte spatial, ce qui nous a conduit à engager des discussions sur le choix du type de modélisation pour le stockage des données de contexte et sur les spécifications de notre service web.

Dans la suite de nos travaux, nous envisageons donc de concrétiser la modélisation des données de contexte spatial en proposant un modèle de stockage générique et flexible qui offre une gestion complète desdites données et de leur sémantique. Les spécifications de notre Service Web de Contexte Spatial (WSCS) devront également être définies, conçues et implémentées selon le choix judicieux d'opérations à proposer par le contrat de service, un format d'échange interopérable et un langage de requête facile d'utilisation. Enfin, une phase de tests et validation

devra être effectuée dans un environnement de jeu multi-joueurs sur téléphones intelligents.

3.2.7. Bibliographie partielle (seulement pour cet article)

Abowd, G.D., Atkeson, G.C., Hong, J., Long, S. Kooper, R., Pinkerton, M. , *Cyberguide: A mobile context-aware tour guide*, Wireless Networks, Volume 3, Number 5, October 1997, pp 421-433.

Benazzouz, Y., Beaume, P., Ramaparany, F. et Boissier, O. (2010) *Modeling and Storage of Context Data for Service Adaptation, Enabling Context-Aware Web Services, Methods, Architectures and Technologies*, CRC Press Taylor & Francis Group, p. 469-490

Broll, W., Lindt, I., Herbst, I., Ohlenburg, J., Braun, A-K., Wetzel, R. (2008) *Toward Next-Gen Mobile AR Games*, IEEE Computer Graphics and Applications, IEEE CS Press.

Brown P. J., Bovey, J. D. & Chen, X. (1997). *Context-aware applications: From the laboratory to the marketplace*, IEEE Personal communications, 4(5), p.58-64.

Cai, G. et Xue, Y. (2006), *Activity-oriented Context-aware Adaptation Assisting Mobile Geo-spatial Activities*, *Proceedings of the 11th international conference on Intelligent user* interfaces, Sydney, Australia, 354-356.

Chaari, T (2007) *Adaptation d'applications pervasives dans des environnements multi-contextes*. Thèse de doctorat, INSA de Lyon, 2007.

Cheverst, K., Davies, N., Mitchell, K., Friday, A., Efstratiou, C. (2000), *Developing a Context-aware Electronic Tourist Guide: Some Issues and Experiences*. *In (se(The Hague, The Netherlands)*. CHI'00. ACM Press.

Dey A. K. (2000). *Providing Architectural Support for Building Context-Aware Applications*. Unpublished PhD Thesis, Georgia Institute of Technology.

Filho, J.B. et Martin, H. , *QACBAC : an owner-centric QoC-aware context-based access control model for pervasive environments*, *Proceedings of the SIGSPATIAL ACM GIS 2008 International Workshop on Security and Privacy and LBS*, Irvine, California, pp 30-38.

George, S. et Lekira, A.S. (2009) *MeCoCO : A Context-Aware System for Mediated Communications*, International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM), Volume 3, Issue 3, DOI: 10.3991/ijim.v3i3.748, p.26-33 .

Hristova, A. (2003) Conceptualization and Design of a Context-aware Platform for user-centric Applications.

Li, Ki-Joune. (2007) Ubiquitous GIS, Part I: Basic Concepts of Ubiquitous GIS, Lecture Slides, Pusan National University. http://stem.cs.pusan.ac.kr/UBGIS/UBGIS.html

Li, C. et Willis, K., *Modeling Context Aware Interaction for Wayfinding using Mobile Devices*, *Mobile HCI'06*, September 12-15, 2006, Helsinki, Finland.

Lopez-Velasco C., Carrillo Ramos A., Villanova-Oliver M., Gensel J., Martin H., *Sélection de services Web adaptés au contexte d'utilisation*, *24° congrès INFORSID 2006, Hammamet*, Tunisie, 31 mai – 3 juin, 2006.

Meng, Liqiu, Zipf Alexander and Reichenbacher Tumasch, (2005) *Map-based Mobile Services. Theories, Methods and Implementations*. Heidelberg: Springer Verlag, 2005

Petit, M. (2010), *Approche spatial pour la caractérisation du context d'exécution d'un système d'information ubiquitaire*, Thèse de Doctorat, Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers

Repo, P. et Riekki, J., *Middleware Support for Implementing Context-Aware Multimodal User Interfaces*, *MUM 2004*, October 27-29, 2004 College Park, Maryland, USA.

Schilit, B., et Theimer,M. (1994) *Disseminating active map information to mobile hosts*, IEEE Network, 8(5), p. 22-32.

Schwinger, W., Grün, C., Pröl, B., Rasinger, J. Et Retschitzegger, W., 2008, *Context-Awareness in Mobile Tourist Guides*, Handbook of research in mobile multimedia, 2nd edition, Khalil-Ibrahim Ismail (ed.), IGI Global, USA.

Tan, E.M., Foo, S., Goh, D.H. et Theng, Y., (2009) *A Model for Classifying and Using Contextual Information for Context-Aware Applications*, Electronic journal Aslib Proceedings Volume 61, Issue 6 p. 565-586, Emerald Group Publishing Limited.

3.3. Compléments à l'article

L'article scientifique de ce chapitre présente les résultats des travaux réalisés afin d'atteindre notre premier sous-objectif qui est de modéliser le contexte spatial. On y retrouve la définition et la modélisation du contexte spatial, cependant, le modèle de données contextuelles n'y est pas adressé et des précisions sont à apporter sur le contrat de service amorcé en section 3.2.6, ce qui nous amène au contenu de cette partie complémentaire.

Dans les paragraphes à venir, nous parlerons en premier lieu de l'approche de modélisation de données contextuelles que nous avons adoptée tout en présentant les raisons qui ont conduit à un tel choix puis en second et dernier lieu, il sera fait mention de quelques avancées réalisées sur le contrat de service du WSCS.

Modélisation des données contextuelles

Par modélisation de données contextuelles, nous entendons le processus consistant en la représentation du contexte spatial à son niveau « données ».

Pourquoi une telle représentation est-elle nécessaire? Le modèle de contexte présenté dans l'article est à la base un modèle décrivant les différentes données (et types de données) que l'on peut récupérer à travers les différents capteurs disséminés dans l'environnement multi-joueurs, pour notre domaine applicatif (Jeux, Réalité Augmentée, Mobilité). Cependant, il ne donne aucune indication sur la manière de représenter une donnée contextuelle à des fins de manipulation, voire de partage entre applications ou systèmes. Une proposition de modèle de données contextuelles viendrait donc en complément au modèle descriptif pour fournir tous les moyens nécessaires à la compréhension et à la gestion du contexte spatial au niveau « données ».

Même si le cadre applicatif dans lequel s'inscrivent nos travaux est bien défini, notre modèle de contexte spatial n'est pas dépendant d'une application particulière. Il n'est pas pour autant universel, puisque cela n'est pas possible, mais pour peu qu'on reste dans le domaine jeux/mobilité/réalité augmenté, il peut être utilisé pour décrire le contexte spatial différemment pour chaque application, en gardant ou laissant certaines catégories, en ajoutant et/ou retirant des informations dans les catégories au besoin. Pour aller plus loin dans cette indépendance, nous avons adopté une approche « orientée données ». Autrement dit, nos propositions sont faites dans le souci de respecter la séparation gestion de contexte et application.

Dans la suite, nous allons identifier les critères que doivent respecter le modèle pour répondre efficacement aux besoins de gestion, de manipulation, et de partage puis nous présenterons notre modélisation.

Critères à prendre en compte lors de la modélisation de données contextuelles

Rappelons que nous nous situons dans le cadre d'un environnement multi-joueurs constitué par des joueurs, en équipe ou non, dont chacun dispose d'un appareil mobile, et par conséquent d'un contexte spatial qui lui est propre. Ces contextes constituent un contexte spatial plus global (contexte spatial de l'équipe, contexte spatial local-campus- ou plus étendu-ville, pays).Ceci étant, il doit être

possible de récupérer tous les contextes (ce qui peut représenter un plus ou moins grand volume de données) tout en gardant et en y associant l'information sur la source (joueur-appareil), puis de les partager de manière efficace entre tous les joueurs. En outre, en plus de la nécessité de comprendre les données et de les avoir sous une structure manipulable, il est important de capitaliser les données contextuelles acquises pour ainsi permettre la réutilisation et le partage de l'information de contexte entre applications de jeux sensibles au contexte. Par conséquent, le modèle de données de contexte à adopter doit répondre à certains critères énumérés ici :

Support du temps : Le temps est un élément important pour la donnée contextuelle car il permet de la dater et de garder ainsi un historique de contexte. Le support du temps est indispensable pour exploiter cet aspect particulier.

Flexibilité : Dans l'environnement d'exécution, des capteurs peuvent apparaître tandis que d'autres peuvent disparaitre et ce dépendamment des applications de jeux et de leurs besoins en matière d'information contextuelle, de l'évolution des plateformes mobiles ou des autres services et capteurs de contexte. Le modèle doit pouvoir s'adapter à tout changement dans le système ou l'application sans qu'il soit nécessaire d'en refaire la conception ou de faire de gros travaux.

Qualité : La donnée contextuelle est imparfaite et peut être de qualité variable dû à sa nature dynamique et hétérogène (provenant de diverses sources disséminées dans l'environnement de jeu; par exemple, la position GPS dont la précision varie légèrement en fonction des téléphones intelligents). La prise en compte de ces problèmes est conseillée pour avoir une connaissance, voire un contrôle sur la qualité de la donnée.

Support de requêtes : Les données contextuelles doivent supporter des requêtes efficaces malgré une quantité de données à manipuler relativement importante.

Il existe plusieurs types de représentation de données dans la littérature (cf.

section 2.2), mais au regard de ces critères et des conclusions tirées de la comparaison de tous les types, il ressort que celui le plus approprié est celui sous forme structurelle de la donnée. En effet, toutes les trois techniques existantes (attribut-valeur, objet, sémantique) pour cette représentation offrent la flexibilité attendue. Dans la suite de la section, nous expliquons l'approche retenue, ses avantages et ses inconvénients en ce qui concerne notre projet.

Modèle de données contextuelles

Commençons par un rappel de la comparaison entre les trois techniques de représentation pour la forme structurelle avec le Tableau 5 suivant :

	Sémantique	**Échange de données**	**Flexibilité de la structure**	**Commentaires**
Attribut-valeur (Ex : Dey et Abowd, 2001)	Partiellement supporté	La sémantique est donnée par l'attribut	Extension dans les tables	Facile et rapide à mettre en œuvre Facile à comprendre
Objet (Ex : Baldauf, 2007)	Partiellement supporté	Nécessite une connaissance additionnelle sur les fonctions d'accès	Encapsulation d'objet	Facile et rapide à mettre en œuvre Utile surtout pour gérer la donnée brute
Sémantique (Ex : Ackay et Altan, 2007)	Totalement supporté	Nécessite un parseur de sémantique	Langage de description	Donne lieu à un modèle basé sur l'ontologie ou encore un modèle RDF Moins rapide à réaliser et à exploiter

Tableau 5: Tableau comparatif des techniques de représentation de la donnée sous forme structurelle.

Chaque type présente des avantages et des inconvénients concernant leur utilisation dans ce projet. Nous les avons décelés en analysant les diverses implantations de ces formalismes dans la littérature, tout en gardant à l'esprit les particularités du projet (temps limité, architecture distribuée, interopérabilité) et les critères cités dans la section ci-avant. Ainsi, le *formalisme attribut-valeur*, bien que facile et rapide à mettre en place, présente une limite au niveau de la sémantique car cette dernière n'est pas explicite et est donnée à travers l'attribut. Par exemple bien qu'il soit plutôt facile de représenter des informations contextuelles liées à la localisation avec ce formalisme (Location/70.27,-85.2), il est plutôt problématique de déduire par exemple la valeur (Ex : réunion) de l'attribut activité courante à partir de la localisation. Cependant cette limite n'est pas très pénalisante dans notre cas, puisque notre système est essentiellement orienté vers l'acquisition et le partage des informations contextuelles et non pas vers un mécanisme de raisonnement ou d'interprétation de contexte comme SOCAM (Gu et al., 2005). Pour ce genre de systèmes, le *formalisme sémantique* s'avère plus approprié et on peut le constater avec (Gu et al., 2005; Chen et al., 2003). Ce formalisme donne lieu à la conception d'une ontologie ou de graphes, moins rapides et faciles à réaliser et à exploiter. Son avantage réside essentiellement dans le fait qu'il permette un raisonnement sur les données contextuelles pour déduire des informations contextuelles plus abstraites (i.e.: déduire l'activité de l'utilisateur en combinant les données de plusieurs capteurs). Notons que dans (Bochini et al., 2007), l'inventaire des projets basés sur ce type de formalisme montre qu'aucun n'a traité l'historique des données. En ce qui concerne le *formalisme objet*, bien qu'il soit également facile à mettre en place, exploiter des objets contextuels supportant la sémantique peut devenir rapidement complexe avec l'augmentation du nombre de données contextuelles. De plus, il est très peu utilisé dans la littérature. En effet, le projet Hydrogen en est le seul exemple d'utilisation rencontré parmi une quinzaine d'autres projets dont (Kaenampornpan et O'Neill, 2004; Fahy et Clarke, 2004;Chen et al., 2003; Gu et al., 2005; Coutaz et al., 2005; Roussaki et al., 2006).

Au bout du compte, sachant que chacun de ces formalismes supporte l'interopérabilité, nous avons délaissé l'orienté-objet ainsi que la possibilité de raisonner avec le formalisme sémantique au profit de la simplicité et de l'efficacité du formalisme attribut-valeur au niveau du partage d'informations contextuelles de plusieurs dimensions. Notre modèle de données contextuelles s'exprime donc comme un ensemble de paires d'attributs-valeurs qui prennent les valeurs des informations contextuelles. Pour mieux comprendre, prenons l'exemple suivant : il s'agit d'un joueur (avec un nom, un âge et un rôle), disposant d'un téléphone intelligent (numéro appareil) et qui est localisé dans un bâtiment (nom bâtiment, position longitude-latitude) donné de la scène de jeu. De manière générale, chaque information est un nom-valeur, le nom étant le nom de la donnée et valeur, la valeur de la donnée à un moment t. Avec notre exemple, nous obtiendrons : `Contexte = {(nom=nomJoueur, valeur=Vincent; nom=ageJoueur, valeur=24; nom=rôle, valeur=capitaine), (nom=numéroAppareil, valeur=2), (nom=nomBatiment, valeur=Casault; nom=longitude, valeur=-47.2; nom=latitude, valeur=74.1) (nom=timestamp, valeur=18-12-2011 T 11:58)}`. Ce modèle est générique et flexible car indépendant du système et extensible au besoin en rajoutant des couples de valeurs de nom-valeurs. Le stockage des données peut se faire dans des tables relationnelles et nous discuterons du format d'échange dans le prochain chapitre (chapitre 4, sous-section 4.2.4.2).

En attendant, nous allons faire un retour sur le contrat de service annoncé dans la section 3.2.5 afin de faire remarquer les changements dus aux avancées du projet.

Contrat de service

Dans la section 3.2.5, nous avons évoqué ce contrat en mentionnant qu'il devrait offrir différentes opérations d'acquisition et de diffusion de données de contexte comme setContextData pour enregistrer les nouvelles données contextuelles ou getContextData pour interroger le service et récupérer des données

contextuelles. Nous avons par la suite, et après analyse des besoins du système, proposé les opérations suivantes (cf. section 4.2.4.1 pour plus de détails) :

- *Opération GetCapabilities* : elle donne aux clients des informations sur l'identification du service (version, type, nom, titre et résumé descriptif) ainsi que sur ses capacités à savoir les opérations et les filtres supportés.

- *Opération GetContextFeature* : Elle permet aux clients d'avoir accès au travers de requêtes bien paramétrées, aux données contextuelles disponibles dans le WSCS et ce, à partir de n'importe quel lieu et téléphone intelligent.

-*Opération DescribeContextFeatureType* : Elle fournit le schéma décrivant les types de données contextuelles disponibles au niveau du service web.

- *Opération LockContextFeature* : Cette opération permet aux clients de demander le verrouillage d'un objet qu'ils souhaiteraient créer ou mettre à jour.

- *Opération Transaction* : Cette opération permet de créer, mettre à jour ou supprimer un objet. Elle vient en complément à *LockContextFeature* pour répondre à des besoins d'acquisition et de stockage de données au niveau de la solution à déployer.

Toutes les spécifications (contrat de service, encodage, langage d'interrogation) du WSCS ainsi que leur définition seront exposées et approfondies dans le chapitre 4 à venir.

3.4. Conclusion du chapitre

Ce chapitre nous a permis de faire le tour des résultats obtenus ainsi que des travaux menés afin d'atteindre les deux premiers objectifs (Cf. sous-section 1.4) de notre projet de recherche à savoir définir et modéliser le contexte spatial (RA, Mobile, Jeu), et construire une architecture dédiée à la gestion du contexte spatial. La définition du contexte spatial a été faite, un modèle descriptif et un modèle de données de contexte ont été proposés de même qu'une architecture destinée à l'acquisition et à la récupération du contexte spatial supportant l'interopérabilité.

Tous ces éléments en main, nous allons maintenant nous concentrer sur le WSCS dans le chapitre ci-après (Chapitre 4).

Chapitre 4

Service Web de Contexte Spatial : Conception et prototypage

A l'instar du chapitre 3, ce chapitre est présenté sous la forme d'un article scientifique. Nous y présentons notre proposition de service web pour la gestion du contexte spatial (jeux, mobilité, réalité augmentée). La définition du contrat de service, de l'encodage et du langage d'interrogation sera abordée ici, ainsi que le prototypage du service et d'un client mobile servant à tester la pertinence de notre proposition. Rappelons que la Réalité Augmentée a été mise de côté pour l'implantation du prototype et plus particulièrement pour le client mobile pour ne pas avoir à gérer des complexités nécessitant plus que le temps alloué à ce travail. Cet article a été soumis à la Revue Internationale de Géomatique en Décembre 2011. Il porte la référence 12/01/252 et sera évalué par deux lecteurs qui nous transmettront les fiches de lecture d'ici six (6) mois.

Quelques modifications mineures ont été faites au niveau de la mise en page afin de rendre l'article conforme pour le présent mémoire.

4.1. Contributions

L'article constituant le corps de ce chapitre est ainsi référencé :

[Edoh-Alove et al., 2012] Edoh-Alove, E., Hubert, F., Badard, T.2012, « WSCS : un service Web de contexte spatial dédié aux téléphones intelligents dans le cadre de jeux éducatifs ».

Il a été soumis à la Revue Internationale de Géomatique en Décembre 2011.

4.2. Corps de l'article

Titre: « WSCS: un service Web de contexte spatial dédié aux téléphones intelligents dans le cadre de jeux interactifs éducatifs.

Auteurs : Elodie Edoh-Alové, Frédéric Hubert, Thierry Badard

Résumé: Le projet GéoÉduc3D vise à proposer des jeux éducatifs pour téléphones intelligents, basés sur les sciences géomatiques et exploitant la réalité augmentée pour rendre ces jeux plus immersifs. Pour améliorer l'aspect immersif et interactif de ces jeux, nous nous sommes concentrés sur l'exploitation du contexte spatial dans ce cadre applicatif particulier (jeux éducatifs, réalité augmentée, téléphones intelligents, environnement multi-utilisateurs). Nos travaux ont ainsi conduit à la conception d'une solution informatique dédiée à la gestion du contexte spatial dans un environnement multi-joueurs sur et pour téléphones intelligents. Plusieurs contributions ont ainsi été réalisées : modélisation du contexte spatial ; proposition d'une architecture orienté services pour gérer ce contexte ; définition d'un service web de contexte spatial (WSCS) et implémentation d'un prototype WSCS ainsi qu'un client mobile selon un scénario de jeu « environnemental » exploitant l'application géo-sociale FourSquare.

Abstract: The GeoEduc3D project aims to provide educational games for smartphones based on Geomatics and that uses augmented reality techniques in order to make these games more immersive. To improve the immersive and interactive aspect of those games, we focused on the exploitation of spatial context in this particular application framework (serious games, augmented reality, smart phones, and multi-users environment). Our work has thus led to the design of a solution dedicated to the management of spatial context in a multi-players environment on and for smartphones. Several contributions have been made: modeling spatial context, proposing a service-oriented architecture to manage this context, defining a Web Service Spatial Context (WSCS) and implementation of a

WSCS prototype and a mobile client according to an environmental exploiting the geo-social Foursquare.

Mots clés: contexte spatial, service web, mobilité, jeux éducatifs, réalité augmentée, multiutilisateurs.

Keywords: *spatial context, web service, mobility, serious games, augmented reality, multi-users.*

4.2.1. Introduction

Depuis quelques années, les progrès technologiques provoquent un intérêt grandissant pour les solutions en mobilité chez les concepteurs de jeux éducatifs. Les caractéristiques techniques et technologiques des plateformes mobiles, notamment des téléphones intelligents, sont de plus en plus matures, et le déploiement de jeux mobiles et interactifs sur de telles plateformes est devenu possible et de plus en plus accessible. Le projet GéoÉduc3D[15], financé par le réseau de centres d'excellence GEOIDE, et dans lequel s'inscrivent nos travaux, veut tirer profit de ces avancées pour proposer des jeux interactifs dont l'objectif premier serait de présenter sous forme ludique au jeune public les questions de changement climatique et de développement durable. Pour ce faire, il s'agirait de s'appuyer sur les technologies géospatiales ainsi que sur les techniques de réalité augmentée (RA) pour concevoir et mettre en œuvre un ensemble d'outils d'apprentissage innovants qui permettraient d'enrichir - « augmenter » - l'expérience du joueur en rendant le jeu plus immersif, réactif et interactif. Notons que ces jeux ont une vocation pédagogique (jeux sérieux) et qu'ils sont destinés à des plateformes de type téléphone intelligent, dans un environnement multi-utilisateurs où plusieurs joueurs peuvent interagir en vue d'accomplir des activités proposées dans le jeu, tout en se déplaçant dans un environnement réel.

[15] Projet GéoÉduc3D - http://geoeduc3d.scg.ulaval.ca, Accédé le 25 juin 2010.

Le projet GéoÉduc3D constitue donc un cadre applicatif privilégié et unique où les interactions sont multiples et de plusieurs sortes : interactions entre le joueur et les objets de réalité augmentée, interactions entre les joueurs eux-mêmes, interactions entre le joueur et le jeu de manière générale, pour ne citer que celles-là. De manière inhérente à ces interactions, plusieurs interrogations subsistent, dont voici quelques exemples :

- Comment savoir quand un joueur est à la bonne position par rapport à un objet de RA pour en voir un angle de vue particulier?

- Comment montrer à ce joueur la position des autres joueurs dans le jeu, ou encore qui ils sont (adversaires ou équipiers) et ceci en tenant compte de l'aspect temps réel ?

- Comment savoir si le joueur se trouve dans une zone permettant d'avoir accès à une information particulière liée au jeu ?

Ces premières interrogations ouvrent la porte à plusieurs autres relatives au téléphone intelligent, au jeu ou au profil des joueurs, pour qualifier et définir l'interactivité des applications de jeux éducatifs à concevoir dans le cadre du projet GéoÉduc3D. Le jeu gagnerait ainsi en degré d'immersion, dynamisme, adaptabilité aux joueurs, aux plateformes mobiles et aux zones géographiques. Finalement, toutes ces questions et informations constitueraient la base des connaissances de l'environnement ambiant lié à la localisation du joueur, base de connaissances qui serait parfaitement assimilable au contexte spatial temps réel du joueur qu'une application de jeu doit être capable d'acquérir pour l'exploiter intelligemment.

Lors de la précédente décennie, les applications et systèmes sensibles au contexte ont constitué un important objet de réflexion dans le monde informatique (Ackay et Altan, 2007; Chaari et al., 2005; Yang, 2003; Euzenat et al., 2008; Van Setten et al., 2004; Hristova, 2008.) La possibilité d'exploiter le contexte dynamique réel de l'utilisateur afin de lui proposer des services et des contenus totalement

adaptés à ses besoins en temps réel a revêtu un très grand intérêt dans bon nombre de domaines comme le tourisme ou la santé (Hristova, 2008; van Setten et al., 2004; Frank, 2003; Hinze et Buchanan, 2005). En même temps, cela posait des défis liés à la modélisation, la récupération, le stockage et la diffusion du contexte. Récemment, de nombreux efforts ont été faits au niveau de la définition de plateformes capables de supporter de manière efficace l'acquisition et la diffusion du contexte. Cependant, les solutions fournies ne permettent pas de gérer le contexte spatial d'utilisateurs dans un environnement multi-joueurs, tel que recherché par les jeux définis dans le projet GéoÉduc3D. En effet, les modèles de contexte (George et Lekira, 2009; Tan et al., 2009; Meng et al., 2005; Filho et Martin, 2008; Abowd et al., 1997;Li et Willis, 2006; Schwinger et al., 2008; Repo et Riekki, 2004; Cai et Xue, 2006; Cheverst et al., 2000; Lopez-Velasco et al., 2006; Nivala et Sarjakoski, 2003; Baldauf et al., 2007) proposés ne sont pas applicables aux jeux éducatifs interactifs avec usage de téléphones intelligents dans un environnement multi-joueurs. De plus, il n'existe aucun système distant et interopérable pour l'échange des données entre les plateformes mobiles (capteurs et applications clientes) dans un tel environnement. Il se pose alors une question essentielle : comment rendre disponible les données de contexte spatial à toute application, n'importe où et en tout temps, en tenant en compte des aspects de réalité augmentée, de jeu éducatif, de mobilité et d'environnement multi-joueurs propres à notre cadre applicatif spécifique?

Afin de répondre à cette question cruciale, nous nous sommes fixés comme objectif général de nos travaux « la conception et l'implémentation d'une solution informatique dédiée à l'acquisition et à la diffusion de contexte spatial dans un environnement de jeu éducatif multi-joueurs sur et pour des téléphones intelligents ».

Au préalable, il est indispensable de comprendre et d'identifier, de manière claire, ce qu'est le contexte spatial au travers des différentes caractéristiques des données utiles aux applications dans notre cadre applicatif. Notre réflexion doit aussi prendre en compte trois simples questions : (1) Comment récupérer lesdites

données contextuelles? (2) Comment les stocker? (3) Et enfin comment les partager? Pour atteindre cet objectif et ainsi répondre à ces questions, nous avons choisi de nous orienter vers les architectures orientées services (SOA) et plus particulièrement les services web, qui permettent de rendre disponible, au travers d'un simple langage d'interrogation des données et/ou informations de manière indépendante et distribuée.

En tenant compte de ces derniers éléments de réflexion, nos travaux de recherche se sont donc articulés autour de trois sous-objectifs spécifiques qui sont :

1- la définition et la modélisation du contexte spatial (RA, mobile, jeux),

2- la construction d'une architecture pour la gestion du contexte spatial (pour adresser les questions 1 et 2 posées au paragraphe précédent),

3- la conception et la mise en œuvre d'un prototype de service web de contexte spatial en tenant compte des aspects spécifique du projet.

Dans la suite de cet article, des définitions générales des notions de contexte et de contexte spatial sont présentées (section 4.2.2), ainsi que le modèle de contexte spatial que nous avons adopté et adapté à nos besoins relativement à notre cadre applicatif. Ensuite, la section 4.2.3 montrera les fonctionnalités techniques identifiées pour une prise en charge effective de l'acquisition et de la diffusion du contexte par le système orienté service suivi de l'architecture du système et son fonctionnement. Une conception du Service Web de Contexte Spatial (WSCS -Web Spatial Context Service) est ensuite offerte dans la section 4.2.4, où le contrat de service du WSCS et le formalisme d'échange des données proposé seront présentés. Dans la section 4.2.5, nous décrirons un scénario de jeu test nommé Ecosquare, exploitant l'API Foursquare[16] qui nous permettra de tester et valider notre service web dans des conditions réelles de jeu. Ce scénario sera accompagné par une description de l'environnement d'implémentation, ainsi que parles tests et résultats obtenus en mettons en action notre client et notre WSCS Nous terminerons cet

[16] Foursquare APIv2, https://developer.foursquare.com/docs/, Accédé en mars 2010

article (en section 4.2.6) par un retour sur les contributions apportées et les limites de notre solution actuelle, ainsi que les perspectives de notre travail.

4.2.2. Modélisation du contexte spatial

La présente section propose de faire le point sur les notions de contexte et de contexte spatial, puis de présenter un modèle du contexte spatial relatif à notre cadre applicatif. Cette modélisation du contexte (Edoh-Alove et al., 2010) a été effectuée dans le but de faciliter la conception et la construction d'une structure de données pour notre service web de contexte spatial et pour l'échange des informations contextuelles. Elle est basée sur une catégorisation de toutes les informations jugées pertinentes par rapport au cadre applicatif et selon la définition de contexte spatial adopté.

4.2.2.1. Définitions de contexte, contexte spatial

De toutes les définitions de contexte proposées dans la littérature (Schilit et Theimer, 1994; Brown et al., 1997; Pascoe et al., 1998; Dey, 1998, Ward et al., 1997; Ryan et al., 1997; Rodden et al., 1998; Hull et al., 1997; Hofer et al., 2002; Baldauf et al., 2007) depuis les années 90, la plus utilisée et que nous considérons comme la plus pertinente est celle proposée par (Dey, 2000). Selon lui, le contexte est « toute information qui peut être utilisée pour caractériser la situation d'une entité, une entité pouvant être une personne, un lieu ou un objet qui est considéré comme approprié dans l'interaction entre un utilisateur et une application (les deux inclus) ». Ici, le « lieu » correspond à des espaces géographiques comme les chambres, les bureaux, les immeubles ou les rues ; une « personne » peut être un individu ou un groupe d'individus géographiquement dispersés ou réunis ; un « objet » fait référence soit à un objet physique, soit à un composant logiciel.

Comme précisé en introduction, dans le cadre de nos travaux, nous nous intéressons à l'ensemble des informations pouvant caractériser les joueurs

(personne) avec leurs téléphones intelligents (objet) et l'espace géographique (lieu) dans lequel ils se déplacent et interagissent entre eux ou avec des objets de réalité augmentée. Il est donc nécessaire d'identifier le contexte tant de chaque objet (joueur + téléphone + espace géographique) que de l'ensemble constitué par les joueurs et leurs interactions dans cet environnement multi-joueurs.

Dans la littérature, différents travaux exploitent la dimension de localisation de l'utilisateur comme élément ou sous-catégorie de contexte (George et Lekira, 2009, Petit, 2010). Cependant, cette notion n'a pas autant de consistance que dans la notion de contexte géographique proposée par (Li, 2007). Selon l'auteur, le contexte spatial, qui n'est pas qu'une simple position courante, regroupe toutes les informations, géographiques ou non, réparties selon des contextes statique, dynamique et interne. Le contexte statique est l'ensemble des informations géographiques stockées qui peuvent avoir un impact sur l'environnement de l'utilisateur. Le contexte dynamique est, quant à lui, constitué de toute information, sur les aspects changeables de l'environnement de l'utilisateur, obtenue à travers des capteurs en temps réel. Enfin, le contexte interne regroupe les informations sur l'utilisateur et ses préférences, sa localisation, sa vitesse et son orientation.

Pour notre part, afin de répondre aux besoins de notre cadre applicatif, nous proposons une nouvelle définition qui se base sur celle de contexte géographique (Edoh-Alove et al., 2010) : « Le contexte spatial est identifié en soi par l'ensemble des informations, d'ordre spatial ou connexe, caractérisant les contextes statique, dynamique ou interne d'une entité qui peut être une personne, un endroit ou un objet considéré comme pertinent pour l'interaction entre un utilisateur et une application, les deux inclus. ». Ainsi, dans notre cadre applicatif, le contexte statique est alimenté par des informations stockées (POI -Points d'intérêt- de RA, bâtiments, réseau routiers, etc.), le contexte dynamique par des capteurs physiques (matériels comme GPS, accéléromètre, capteurs de toucher, etc.) et logiques (données déduites de celles issues des autres types de capteurs) et le contexte interne par des capteurs virtuels (données provenant d'application ou de processus : entrées du calendrier,

email, entrées d'un formulaire de profil, capacités de l'appareil etc.). Cette définition est celle que nous avons adoptée pour toute la suite de nos travaux, et notamment pour la modélisation du contexte spatial, que nous allons découvrir à la section suivante.

4.2.2.2. Modélisation du contexte spatial

L'un de nos objectifs spécifiques est de proposer un modèle de contexte spatial répondant aux particularités (mobilité, jeux, multi-joueurs, RA) de notre cadre applicatif. Ce modèle doit permettre l'identification des informations dans l'optique de leur exploitation pour rendre les applications de jeux sensibles au contexte du joueur, quelque soit le jeu, la plateforme mobile et la zone de jeu. Les modèles existants dans la littérature (Tan et al., 2009, Abowd et al., 1997, George et Lekira, 2009) sont des modèles adaptés avant tout au cadre applicatif dans lequel ils ont été conçus, aussi aucun d'entre eux n'est utilisable tel quel pour la suite de nos travaux. En s'appuyant sur notre définition de contexte spatial, nous avons élaboré un modèle descriptif du contexte spatial en huit (8) catégories, avec des sous-catégories, englobant toutes les informations contextuelles relativement à notre environnement multi-joueurs : Environnement d'exécution, Joueur, Localisation, Jeu, Environnement, Appareil, Réseau, Social (Edoh-Alove et al., 2010). Le tableau ci-après (Tableau 6) présente ledit modèle.

Catégories	Sous-catégories	Propriétés
Environnement d'exécution	Aspect temporel	Date ; Heure
	Session courante	État (connecté, déconnecté, en attente)
Joueur	Profil	Nom ; Prénom ; Date de naissance ; Sexe ; Langues préférées; Humeur
	Aspect éducation	Domaine ou Programme d'étude ; Niveau d'études
	Aspect jeu	Profession du joueur ; Connaissance préférée ; Score ; Ressources et outils disponibles
Localisation (proximité)	Localisation générale	Pays ; Région ; Ville ; Quartier ou Zone
	Localisation ponctuelle	Position actuelle ; Vitesse de déplacement ; Orientation (accéléromètre) ; Direction de déplacement
	Localisation dans le jeu	Limites géographiques de la scène de jeu ; Points d'intérêt (POI) pour la RA ; Objets géographiques créés par l'utilisateur
	Par proximité	Objets géographiques avoisinants ; Distance entre la position et les objets avoisinants
Environnement	Aspect général	Température ; Climat ; Saison ; Luminosité
	Aspect spatial	Type de localité (zone urbaine ou rurale) ; Conditions de trafic
Jeu		Heure début du jeu ; Nombre de joueurs autorisés ; Nombre de joueurs actuels ; Meilleurs scores ; Score de l'équipe ; Statistiques de jeu ;
Appareil mobile	Capacités	Mémoire vive ; Mémoire de stockage ; Niveau Batterie
	Fonctionnalités	Écran tactile ; Reconnaissance vocale ; Caméra ; Microphone ; Téléphone activé ; GPS ; Accéléromètre
Social	Équipe	Nom de l'équipe ; Nom des équipiers
	Général	Joueurs actuels; Personnes avoisinantes
Réseau		État du réseau ; Connexion (WiFi / GSM)

Tableau 6 : Modèle descriptif du contexte spatial (Edoh-Alove et al., 2010).

Selon ce tableau, plusieurs données contextuelles sont catégorisées par propriétés, elles-mêmes parfois incluses dans des sous-catégories. Par exemple, pour la catégorie Joueur, on peut retrouver des données contextuelles comme le rôle

du joueur ou son statut dans le jeu (sous-catégorie Aspect jeu), ou ses nom, prénom et sexe (sous-catégorie Profil), ou encore son niveau d'étude (sous-catégorie Aspect éducation). Un autre exemple est celui de la catégorie Localisation où on peut retrouver, selon différentes sous-catégories, des informations comme la position ponctuelle d'un joueur ou sa direction, la localisation générale (ville, pays etc.) ou encore les points d'intérêt (POI) pour la RA. Enfin, pour la catégorie Appareil mobile, nous retrouvons les capacités (niveau de batterie, mémoire de stockage) et les fonctionnalités (GPS, connectivité) de l'appareil dans deux sous-catégories distinctes.

Un tel modèle est flexible dans la mesure où il est toujours possible d'y représenter une nouvelle sous-catégorie et/ou donnée contextuelle. De plus, ce modèle descriptif nous est indispensable pour concevoir une structure de données contextuelles associées à notre WSCS ainsi que pour la recherche de données contextuelles et la définition des opérateurs d'acquisition et de diffusion du contexte spatial.

4.2.3. Conception du service web de contexte spatial (WSCS)

La présente section se concentre exclusivement sur la conception du service web de contexte spatial, répondant à notre objectif général et à notre cadre applicatif. Nous débutons ainsi par la présentation d'une analyse fonctionnelle du système à mettre en œuvre puis nous proposons par la suite une architecture répondant à nos attentes ainsi que des explications sur son fonctionnement.

4.2.3.1. Analyse fonctionnelle du système

Afin de gérer l'information contextuelle, notre solution doit nécessairement disposer de fonctionnalités principales propres à la manipulation des données contextuelles. Ces fonctionnalités ont été établies après étude de l'existant (Dey et

Abowd, 2001; Hofer et al., 2003; Baldauf et al., 2007) et en fonction des besoins de notre système. Dans la section introductive nous avons mentionné trois questions importantes qui ont alimentées notre réflexion quant à la solution à proposer. Un retour sur ces questions nous permet de décrire ici les besoins auxquels notre système doit répondre. En effet, pour exploiter le contexte spatial dans notre cadre applicatif en tenant compte de l'environnement multi-joueurs, nous avons principalement besoin de (1) récupérer les données contextuelles, de les (2) stocker quelque part et enfin les (3) partager entre les différentes plateformes en temps réel. Les fonctionnalités identifiées pour répondre spécifiquement à ces besoins sont les suivantes :

(1) Acquisition de données contextuelles : L'acquisition de données consiste à permettre d'ajouter, créer, supprimer et mettre à jour les données contextuelles, peu importe leurs provenances, dans le service web de contexte spatial. De manière générale, cette acquisition de données contextuelles est essentielle pour la connaissance et l'échange des données (localisation, profil du joueur, social etc.) entre les différentes plateformes de jeu. Elle constitue un passage obligé pour une prise de conscience (besoin 1) du contexte et une adaptation de l'application de jeu au contexte spatial effectif de chaque joueur dans cet environnement multi-joueurs. Comment récupérer les informations des capteurs (logiques, virtuels et physiques) et comment les comprendre ou les rendre compréhensibles pour toute application sont les questions que nous nous poserons par la suite dans nos travaux. Si nous voulons, à titre d'exemple, afficher sur une carte les positions de tous les joueurs d'une équipe ainsi que les positions d'autres joueurs de l'équipe adverse dans une zone bien définie, il est nécessaire de disposer de cette information de position pour tous les joueurs, d'où les appareils mobiles utilisés dans le jeu. Étant donné que nous sommes dans un environnement multi-joueurs, l'information ne peut être juste partagée entre deux joueurs se trouvant à une certaine distance l'un de l'autre. Il s'avère nécessaire alors de récupérer cette information de tous les

téléphones intelligents disséminés dans l'environnement de jeu. Cette information en particulier doit pouvoir être accessible et mise à jour de manière régulière car les joueurs bougent en temps réel dans la zone de jeu.

(2) Stockage de données contextuelles : On ne peut pas parler d'acquisition de données sans parler du stockage de ces mêmes données. En effet, nous nous trouvons ici devant un ensemble très important de données multi-sources et multi-échelles qu'il est indispensable de centraliser (besoin 2) dans une même structure afin de les rendre interrogeables en tout temps. Il est nécessaire alors de disposer d'un modèle de stockage des données de contexte spatial.

(3) Récupération des données contextuelles : La récupération des données contextuelles consiste à fournir un accès aux données stockées à toutes les plateformes mobiles de l'environnement. Elles doivent pouvoir interroger (besoin 3) tout ou partie des données contextuelles afin de permettre une adaptation temps réel de l'application cliente au contexte spatial des joueurs. La principale question qui se pose est par quels moyens (outils, langage d'interrogation, format de données) les informations pourraient être accessibles de n'importe quelle plateforme, en tout temps et à tout moment? Il est important que la solution proposée réponde efficacement à cette question.

(4) Interrogation par filtres spatiaux sur les données : L'une des manières les plus productives de récupérer des données ayant une dimension spatiale est d'y appliquer des filtres spatiaux. Il s'agit à titre d'exemple de trouver l'ensemble des points d'intérêt (Points of Interest (POI)) se situant à une distance *d* de tel joueur; ou encore de connaître la liste, donc les positions, de tous les adversaires se trouvant à une distance d d'un joueur. Un autre exemple serait de récupérer tous les bâtiments se trouvant dans une zone géographique délimitée par une enveloppe connue.

(5) Interrogation par filtres scalaires sur les données : Il s'agit d'expressions utilisant des comparateurs logiques appliqués sur des valeurs d'attributs pour trier les données dans le but de cibler les réponses souhaitées aux

interrogations effectuées sur les données contextuelles. Ces filtres sont utiles par exemple dans le cas où l'on chercherait à récupérer les profils du joueur X ET du joueur Y ou encore les positions des joueurs dont l'âge est compris entre 10 et 15 ans. Il serait donc judicieux d'avoir la possibilité d'appliquer de tels filtres sur les données contextuelles. Cette fonctionnalité ainsi que la précédente viennent en complément à la fonctionnalité 3 pour répondre au besoin 3.

L'identification et la description des fonctionnalités souhaitées pour notre système nous permettent à présent de procéder à la conception d'une architecture favorisant la mise en place et le fonctionnement des modules applicatifs appropriés. Nous avons orienté notre solution globale vers une architecture orientée services avec, comme élément central, un service web de contexte spatial. Cette proposition présente l'avantage de fournir des opérations d'acquisition, de diffusion, et de filtres sur les données contextuelles de et vers toutes les plateformes mobiles en jeu dans un environnement interopérable. Elle est présentée et justifiée plus avant dans la section 4.2.3.2.

4.2.3.2. Architecture et fonctionnement

L'objectif principal de nos travaux est de proposer une solution informatique capable de gérer le contexte spatial (RA, Mobile, Jeux) dans un environnement multi-joueurs. Cette gestion prend en compte l'acquisition (fonctionnalité (1)), le stockage (fonctionnalité (2)) et l'interrogation (fonctionnalités (3), (4) et (5)) des données contextuelles. Étant donné que nous nous trouvons face à un environnement multi-joueurs avec diverses plateformes mobiles et contextes, la meilleure approche, pour répondre à notre objectif, serait de mettre en œuvre une architecture orientée services permettant de récupérer les informations de contexte disséminées dans l'environnement, de les centraliser pour ensuite les distribuer à toutes les applications de jeu et services qui en auraient besoin (à la demande).

Adopter une telle architecture favoriserait l'interopérabilité entre les plateformes mobiles et applications en jeu, l'indépendance de ces dernières par rapport à la couche d'accès aux capteurs de contexte et une meilleure efficacité du fournisseur de contexte grâce à la possibilité de faire des invocations asynchrones.

Le système, orienté service, de gestion des données de contexte que nous proposons a pour vocation d'acquérir et de rendre disponible des données de contexte selon notre cadre applicatif. Ces données proviennent de différents capteurs intégrés aux appareils mobiles ou de capteurs externes comme des stations météorologiques (Benazzouz *et al.*, 2010). Ainsi, elles peuvent être partagées entre les différentes applications mobiles de jeu. La Figure 8 présente l'architecture fonctionnelle de ce système de gestion des données de contexte avec comme élément central un service web de contexte spatial (WSCS - Web Spatial Context Service) s'appuyant sur les recommandations de la spécification OWS[17] qui sert de référence à l'implantation de services web dans le domaine géospatial.

[17] OGC Web Service Common Implementation Specification-http://www.opengeospatial.org/standards/common, Accédé le 14 Octobre 2010

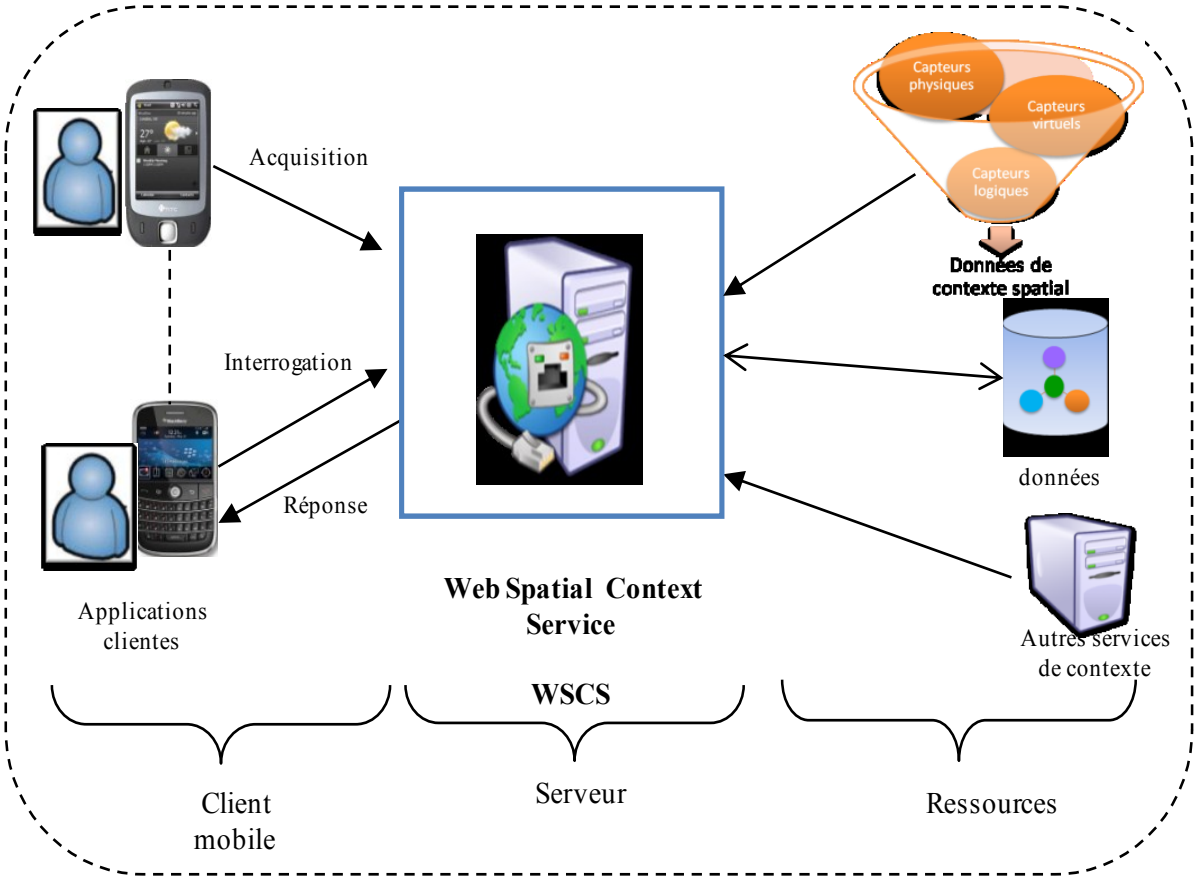


Figure 8 : Architecture du système de gestion de données contextuelles spatiales.

Cette architecture se décompose comme suit :

- *Tiers ressources* : Les données de contexte proviennent des différents capteurs intégrés ou non aux appareils mobiles se trouvant dans l'environnement de jeu multi-joueurs. Ces capteurs sont de différents types comme mentionné dans la section 4.2.2.1 : capteurs physiques ; capteurs virtuels ; capteurs logiques. D'autres ressources peuvent être exploitées comme d'autres services web de contexte qui pourraient être utiles. Un autre composant essentiel à ce tiers est la base de données qui va être directement connectée au service web de contexte spatial pour stocker à fréquence régulière durant une phase de jeu les données contextuelles,

dont la quantité peut devenir conséquente. Cette base de données doit être en mesure de gérer les données en fonction de notre modèle descriptif défini dans la section 4.2.2.2 pour pouvoir répondre à nos attentes.

- *Tiers serveur* : Ce tiers est l'élément central de notre architecture car il correspond à notre service web de contexte spatial dont le but est de rendre disponible une multitude de données contextuelles à des applications clientes mobiles. Ce service web traite les différentes requêtes en provenance des applications clientes pour stocker des données et pour en retourner à n'importe quel moment et de n'importe où. Pour effectuer la gestion des données de contexte, nous avons besoin d'utiliser la base de données du tiers ressources. Ce service doit également être capable d'exploiter les autres ressources disponibles pour compléter les informations contextuelles à stocker.

- *Tiers client* : Les clients sont des applications mobiles de jeu déployées sur différents téléphones intelligents (iPhone ou sous OS Android). Ils utilisent les réseaux sans fil (WiFi, 3G) pour accéder à notre service web. Au travers de cet accès, des requêtes d'acquisition peuvent être envoyées au service web avec de nouvelles données de contexte. Ces clients peuvent aussi produire des requêtes pour interroger le service web afin de récupérer des données de contexte selon différents niveaux de détails dans le but final de les traiter côté client et de servir l'utilisateur en conséquence. Un contrat de service est fourni à la section suivante pour décrire ces différentes possibilités de requêtes au travers d'opérateurs mis à disposition.

Pour mieux comprendre le fonctionnement de ce système, prenons l'exemple d'un appareil comme l'iPhone qui dispose de multiples capteurs physiques comme le GPS pour la position, l'accéléromètre pour l'orientation, la caméra pour le flux vidéo, ainsi que des capteurs virtuels comme un formulaire web pour la saisie d'un profil joueur. Les fréquences d'envoi des requêtes d'acquisition des données contextuelles fournies par ces capteurs ne sont pas les mêmes : le profil du joueur est envoyé une seule fois au début de la session de jeu, alors que sa position et son orientation sont

fournies à intervalles de temps réguliers. Le service web de contexte spatial, en recevant ces requêtes, récupère ces données d'intérêt et les stocke dans la base de données, tout en les complétant avec les données issues des capteurs ou autres services de contexte. De part le fait que cette donnée soit rendue accessible, toute application de jeu peut ainsi la récupérer au travers de requêtes d'interrogation, envoyée au WSCS. Dans la section suivante nous proposons de détailler notre proposition de service web de contexte spatial.

4.2.4. Web Spatial Context Service (WSCS)

Suivant l'architecture que nous venons de proposer et les différentes fonctionnalités que nous avons identifiées lors de notre analyse fonctionnelle, nous proposons dans cette section une description complète de notre service web de contexte spatial au travers d'un contrat de service et de formats d'échanges de données contextuelles.

4.2.4.1. Contrat de service

Dans la présente section, nous allons fournir une description du contrat de service de notre WSCS, en présentant l'ensemble des fonctions publiées par le service Web, la description des structures de données envoyées en requête et réponse ainsi que les informations d'adressage pour pouvoir rejoindre le service décrit.

Nous avons choisi de définir notre service WSCS comme un service « RESTful ». Il est ainsi invoqué à travers le protocole HTTP (HyperText Transfer Protocol) par envoi de requêtes GET ou POST. Chaque opération est localisée par une URL (Uniform Resource Locator) qui sert à envoyer les paramètres de requêtes appropriés ou les requêtes encodées dans le corps du document POST.

De plus, relativement aux fonctionnalités identifiées comme essentielles pour

que notre solution réponde aux besoins du système, et en s'inspirant des opérations offertes par le service d'entités géographiques (WFS) de l'OGC, à savoir GetCapabilities (permet de récupérer les méta-données décrivant le service et les paramètres acceptés), DescribeFeatureType (permet de récupérer la structure de chaque entité disponible au niveau du serveur), GetFeature (sert à récupérer les entités (géométrie et/ou attributs) en GML), LockFeature (permet de bloquer l'accès à des entités lors d'une transaction) et Transaction (sert à créer, mettre à jour ou supprimer une entité), nous avons élaboré un contrat de service qui offre en interface les opérations dont voici une description :

- *Opération GetCapabilities* : elle donne aux clients des informations sur l'identification du service (version, type, nom, titre et résumé descriptif) ainsi que sur ses capacités à savoir les opérations et les filtres supportés. Elle est indispensable pour faire découvrir le service aux clients et leur donner les éléments nécessaires à une exploitation optimale. Voici un exemple de requête GetCapabilities :

http://localhost : 8080/testwscs/wscs ?request = GetCapabilities

- *Opération GetContextFeature* : la présence de cette opération dans le contrat est justifiée par le besoin 3 (section 4.2.3). Effectivement, si nous devons rendre possible la récupération des données contextuelles stockées au préalable dans le système, il importe de fournir aux clients une opération qui leur offre, quelque soit leur position ou leur environnement technique, la possibilité d'y avoir accès au travers de requêtes bien paramétrées. Suivant le modèle de contexte spatial présenté à la section 4.2.2.2, une donnée contextuelle est d'un certain type (ou catégorie). Pour être plus précis dans le choix de nos termes au niveau de l'implémentation du WSCS, nous désignons par élément, une donnée contextuelle (exemple : latitude, longitude, adresse) dans la suite de cet article. De plus l'ensemble des éléments contextuels fournis en résultat constitue ce que nous appelons un objet (« feature »). Ainsi, cette opération prend en entrée le nom de la requête (Request), le format de

sortie souhaité (OutputFormat), le nom du type de données contextuelles (TypeName), les noms des éléments souhaités (ElementNames), les coordonnées en latitude/longitude d'un point servant à définir des zones buffer (Coords), le nombre maximum d'éléments de contexte attendus (maxFeatures), le niveau de profondeur que l'on souhaite pour les données retournées (Level) et enfin la définition d'un filtre qu'on souhaite appliquer sur les données (Filter). Elle retourne les éléments demandés dans le format mentionné (JSON par défaut). Les encodages seront décrits dans la section 4.1.2 avec exemples à l'appui.

Elle supporte la navigation dans une hiérarchie d'éléments (obtenir les éléments d'un niveau, ou les enfants d'un élément) ainsi que des opérations de filtres via le paramètre Filter qui reçoit l'expression d'un Filter Encoding, standard OGC, de type spatial ou scalaire, en format XML. Cette option nous permet ainsi de répondre aux besoins 4 et 5 (section 4.2.3).

Exemple de requête sans filtre :
http://localhost :8080/testwscs/wscs?request=getContextFeature&typeName=localisation&elementNames=id, lat,lng,user&maxFeatures=2&level=2
Exemple de requête avec filtre :
http://localhost :8080/testwscs/wscs?request=getContextFeature&typeName=localisation&elementNames=id, lat,lng,user&maxFeatures=2&level=2&**Filter = <Filter><DWithin><PropertyName>Geometry</PropertyName><gml:Point> <gml:Coordinates>71.4,-47.8</gml:Coordinates></gml:Point><Distance units='m'>1000</Distance></DWithin></Filter>**

-*Opération DescribeContextFeatureType* : Elle fournit le schéma décrivant les types de données contextuelles disponibles au niveau du service web en prenant en entrée le nom du type de données contextuelles (TypeName). Elle permet ainsi aux clients d'obtenir des métadonnées sur un type dont le nom est fourni en paramètre afin que les ajouts ou modifications de données soient effectuées correctement, dans le respect de leurs structures.

Voici un exemple de requête :
http://localhost :8080/testwscs/wscs?request=describeContextFeatureType&typeName=localisation

- *Opération LockContextFeature* : Cette opération permet aux clients de demander le verrouillage d'un objet qu'ils souhaiteraient créer ou mettre à jour. Les conflits d'accès et l'intégrité des données sont ainsi gérés. Elle prend en entrée le nom du type de données contextuelles (TypeName), la manière dont les objets sont verrouillés (LockAction), la durée de verrouillage (Expiry), et les instances de ContextFeature du type spécifié qui doivent être bloquées (Filter) et en retour elle renvoie des identifiants de verrou qui pourra être utilisée pour agir sur les données verrouillées.

- *Opération Transaction* : Permet de créer, mettre à jour ou supprimer un objet. Cette opération vient en complément à LockContextFeature pour adresser les besoins (1 et 2 présentés en section 4.2.3) en matière d'acquisition et de stockage de données au niveau de la solution à déployer. Elle a besoin la transaction à faire, c'est-à-dire des insertions, des mises à jour ou des suppressions (Transaction), les identifiants des instances verrouillées (LockId) ainsi que la manière dont les instances verrouillées sont traitées après qu'une transaction soit complétée.

Dans la section suivante, nous proposons un encodage pour la réponse retournée par le service aux clients, en s'appuyant sur l'exemple de l'opérateur GetContextFeature.

4.2.4.2. Encodage de la réponse

Le service Web est destiné à acquérir et à diffuser des éléments de contexte sur et pour des clients mobiles. L'une des approches de description existante pour ce type de données est de les représenter par des paires attributs-valeurs (Benazzouz Y. et al., 2010) . Cette approche a pour avantage, entre autres, le support partiel de la sémantique (contenu dans l'attribut). Selon cette technique, le contexte d'un joueur

serait un ensemble de paires attribut-valeurs à un instant donné. Ainsi, lorsque le client envoie une requête *getContextFeature* au service, il reçoit en retour un ensemble d'attributs-valeurs organisé en catégorie ou type de contexte. L'utilisateur peut aussi choisir d'avoir une représentation de la réponse (ou format) en JSON ou XML. D'une manière générale, les éléments présents dans la structure de la réponse sont les suivants:

- Un élément racine, *featurecollection* : c'est une collection d'objets contextuels.

- Une ou plusieurs entités *contextfeatures* : un *contextfeature* est une entité de contexte, d'un type ou d'une catégorie donnée (localisation, joueur etc.), constituée par les éléments de contexte demandés en requête.

- Un identifiant *id* pour identifier un *contextfeature.*

- Le type *type* : chaque contextfeature voit son type (catégorie) apparaitre dans la réponse.

- Un ou plusieurs *contextelements* contenant tous les éléments de contexte constituant un *contextfeature*. Ces éléments de contexte sont alors exprimés sous forme d'attribut-valeur.

Le Tableau 7 fournit un exemple de réponses selon un format JSON ou un format XML.

Afin que ce format soit générique, les éléments sont décrits par des paires attribut-valeur. Quelque soit les données servies, leur provenance ou leur particularité par rapport au cadre applicatif, le format de retour reste valable. En outre, avec une telle écriture, on peut inscrire tous les éléments de contexte présentés dans notre modèle (ou rajoutés dans les catégories ou sous-catégories au besoin).

Format JSON	Format XML
{ "featurecollection": {"contextfeatures": [{ " id": "0001", "type" : "localisation", "contextelements": [{ " name":"longitude", "value":71,4}, {"name":"latitude", "value":-47.8}] }]} }	<FeatureCollection> <ContextFeature> <id>0001</id> <type>localisation</type> <ContextElement> <name> longitude </name> <value>71,4</value> <name> latitude </name> <value>-47,8</value> </ContextElement> </ContextFeature> </ FeatureCollection >

Tableau 7 : Exemples de réponses encodées en JSON et en XML

4.2.5. Prototypage

Dans le but de tester notre proposition de service web de contexte spatial et de montrer sa faisabilité et validité, nous avons procédé au développement d'un prototype de service Web de contexte spatial qui met en œuvre le contrat de service présenté à la section 4.4. Comme déjà exprimé sur l'architecture de notre système, ce service Web s'insère dans une architecture de services où nous avons en amont des applications clientes qui consomment notre service et en aval des ressources (services ou base de données) auprès desquels le service enregistre et interroge les données de contexte (cf. Figure 9). Afin de montrer la faisabilité de notre approche et procéder à la validation de notre service web de contexte spatial, nous avons délibérément choisi de privilégier l'aspect interrogation au regard de l'aspect acquisition. GetContextFeature est l'opération que nous avons choisi d'implanter puisque nous la considérons comme la plus importante, puisqu'elle est la plus adaptée pour évaluer l'utilité et l'efficacité de notre service dans une optique de récupération de données contextuelles à des fins d'adaptation de l'application de jeu.

En choisissant de ne pas procéder à l'acquisition de données, il nous est indispensable de disposer d'un jeu de données réelles adapté à nos attentes liées aux besoins en jeu du projet GéoÉduc3D. Ce jeu de données doit notamment

pouvoir prendre en compte des aspects de contexte liés aux catégories que nous avons définies et modélisées (cf. section 4.2.2). Pour cela, nous avons choisi d'exploiter l'application FourSquare[18] , qui répond à beaucoup de ces aspects : mobilité, localisation, jeu, social, joueur. Cette application est très populaire ces dernières années, puisqu'elle donne accès, au travers d'une API, à un grand nombre de données, géospatiales ou non, créées au fil des mois par des citoyens via des ajouts de lieux (places) visités à travers les applications mobiles. Cette application offre une interface RESTful offrant des méthodes pour accéder aux ressources comme les lieux ou les utilisateurs à des adresses URL définies. Pour récupérer les informations, il suffit d'envoyer une simple requête GET ou POST en HTTP à l'API, et des réponses JSON ou JSONP sont retournées. Afin d'assurer la sécurité de cet important volume de données, l'API de FourSquare autorise uniquement l'accès via le standard d'authentification OAuth 2.0[19]. Ce choix enfin implique que toutes les requêtes doivent être sécurisées en HTTPS. En addition à cet accès à des données, nous avons mis en place une base de données qui s'appuie sur la structure de notre modèle de contexte spatial présenté à la section 4.2.2. Elle est alimentée par des données de simulation combinées en partie avec des données fournies par FourSquare.

Dans la suite, nous allons tout d'abord expliquer le scénario de jeu adopté, et qui servira de fil conducteur pour la compréhension des données tests utilisées ainsi que des exemples de requêtes présentés accompagnées de leurs réponses.

4.2.5.1. Scénario de jeu: EcoSquare

Le scénario proposé a pour vocation première de permettre la validation de notre modèle de contexte spatial et de notre service web de contexte spatial

---

[18] Foursquare - https://fr.foursquare.com/, Accédé le 14 mars 2011

[19] OAuth 2.0 - http://oauth.net/2/ , Accédé le 12 Septembre 2011

(WSCS). Il s'insère pleinement dans les attentes et objectifs du projet GéoEduc3D avec les jeux sérieux, les mobiles, la réalité augmentée et la thématique environnementale. Nous avons nommé le jeu EcoSquare. Ce jeu vise à s'adresser à un public d'adolescents âgés de 12 à 18 ans. Comme son nom l'indique, il se base sur l'application Foursquare et met en pratique des notions d'écologie. Comme description du jeu, chaque joueur a la possibilité de visiter un bâtiment, de l'évaluer, de laisser un commentaire ou une astuce (éco-astuce), et d'envoyer une photo prise sur place, en utilisant ton téléphone intelligent. Puisque toutes ces informations sont visibles par tous, ceci constitue une communauté de joueurs qui, tout en apprenant à connaître une zone géographique, partagent leurs appréciations des bâtiments visités. De plus, l'aspect écologique est orienté vers la mise à disposition d'un outil d'évaluation basée sur des critères que doivent respecter les bâtiments pour être déclarés écologiques : propreté, accessibilité, énergie, chauffage, air intérieur, recyclage ou gestes verts. Ces critères sont extraits des certifications Habitation et Environnement (H&E[20]) pour la France et LEED[21] (Leadership in Energy and Environmental Design) pour l'Amérique du Nord. Le

Tableau 8 présente les acteurs, cas d'utilisation et mots-clés associés à notre jeu.

---

[20] Habitat & Environnement - http://www.cerqual.fr/cerqual/habitat_environnement/, Accédé le 12 Septembre 2011

[21] LEED - http://www.ecohabitation.com/leed, Accédé en Mars 2011

Acteurs	Joueur	Utilisateur de l'application de jeu	
	Écobrigadier	Simple joueur membre d'une équipe	
	Capitaine	Le créateur et le chef de l'équipe	
	Équipe	Un groupe de joueurs (2 ou plus) ayant un capitaine	
Cas d'utilisation	Authentification dans Foursquare	Authentification du joueur à travers le jeu Foursquare	
	Visualiser Carte EcoChamp	Visualiser sur une carte Google maps la zone de jeu ainsi que les écolieux s'y trouvant.	
	Gérer profil personnel	Créer ou modifier ses informations de profil (pseudo, photo etc.)	
	Gérer équipe	Créer,mettre à jour ou supprimer une équipe (nom, liste des membres etc.)	
	Visiter Écolieux	Faire un marquage dans l'écolieu.	
	Occuper Écolieux	Nécessite deux marquages successifs dans un écolieu.	
Mots clés	Écolieux	Parcs ou bâtiments universitaires	
	ÉcoChamp	Carte montrant les écolieux avec :	
			Position courante du joueur
			Écolieux jamais visités
			Écolieux occupés par mon équipe
			Écolieux occupés par une équipe ennemie
			Écolieux ennemis que le joueur est à un marquage d'occuper

Tableau 8 : Tableau descriptif de cas d'utilisation du jeu EcoSquare

Des diagrammes UML décrivant plus en détails ces cas d'utilisation peuvent être retrouvés à l'annexe A de ce document.

En résumé, les joueurs sont regroupés en équipe de deux ou plusieurs personnes. Chaque joueur appartient à une seule équipe à la fois et il peut être le capitaine de l'équipe, ou un écobrigadier. Les équipes ont pour but d'occuper le plus grand nombre d'écolieux pour mener le jeu et être en tête de classement général des équipes.

De plus, afin d'exploiter davantage la composante spatiale, le joueur peut faire appel à des filtres sur : les écolieux qu'il occupe, les écolieux « ennemis », ou les écolieux de son équipe, et ce à partir de l'interface cartographique EcoChamp (cf. Figure 10, image de droite).

4.2.5.2. Environnement d'implémentation

Selon l'architecture du système que nous avons défini à la section 4.2.3.2 différents choix technologiques ont été effectués relativement aux cadres de développement et aux librairies pour le développement et le déploiement de services Web, le développement d'application web mobile ainsi que la création et la manipulation de documents XML, et d'objets JSON. Outre les fonctionnalités premières des technologies recherchées, nous avons également privilégié l'aspect open source et « freeware » comme critère de choix, puisque cela ouvre, entre autres, la porte à la flexibilité et à l'accessibilité. La Figure 9 illustre notre architecture d'implantation du prototype de WSCS et du client avec en plus les outils exploités :

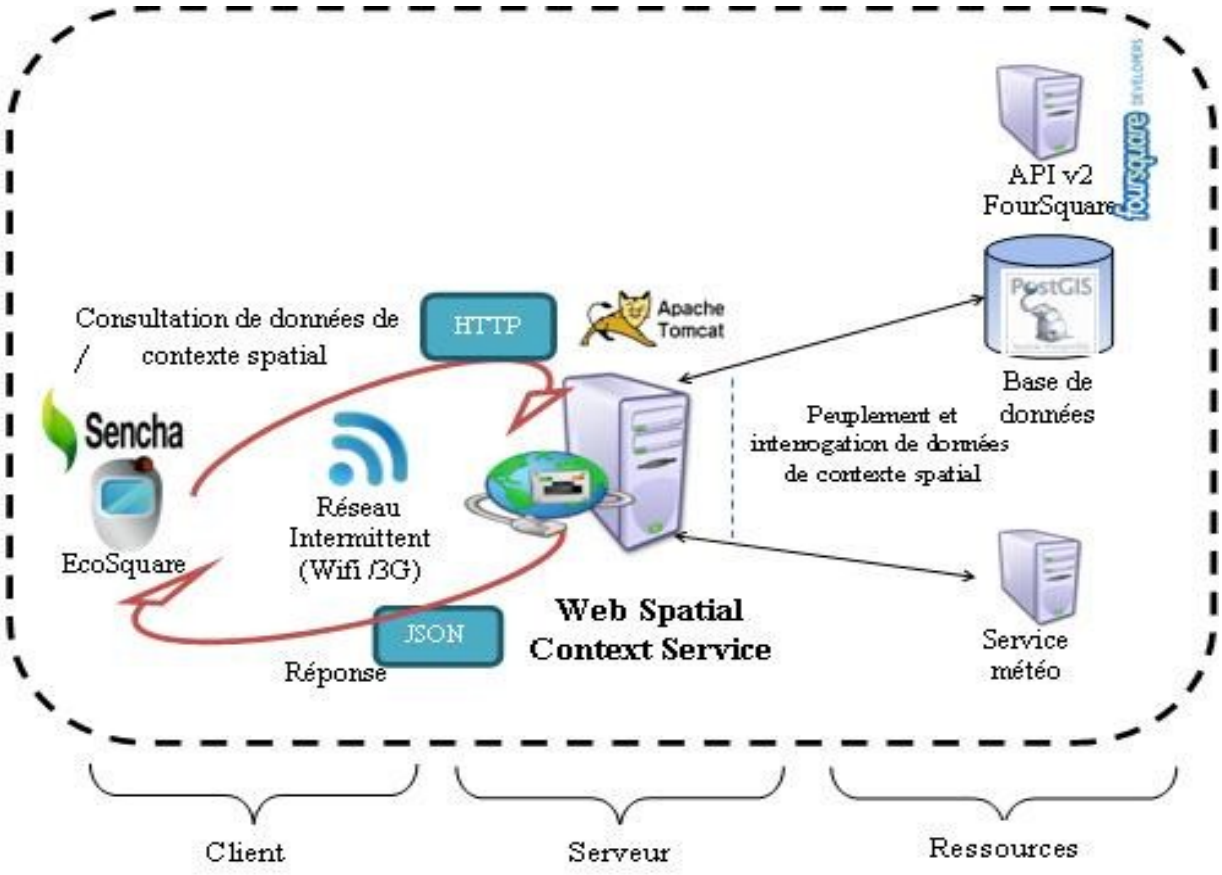


Figure 9 : Architecture technique d'implantation du prototype

La structure de cette section est à l'image de celle de notre architecture d'implantation. Pour chaque tiers (client, serveur, ressources), nous verrons en détails les outils utilisés, en expliquant comment et pourquoi ils ont été choisis et ce qu'ils nous ont permis de mettre en œuvre. Les résultats seront détaillés plus loin dans la section 4.6 avec des exemples et captures écran des interfaces clientes.

Côté client

Pour mettre en œuvre notre client, nous nous sommes orientés vers un cadre de développement d'application Web mobile pour nous offrir une indépendance par rapport à toute plateforme native d'un téléphone intelligent. Ainsi notre application de jeu peut être déployée sur n'importe quelle plateforme mobile (iOS, Android) sans

nécessiter de grandes modifications de code ou un quelconque changement d'environnement de programmation. Les critères à remplir le cadre de développement sont les suivants : pas de langage natif ; portabilité ; accès à l'API native à travers une couche d'accès intermédiaire ; gratuité ; orientation Web pour la non dépendance à une plateforme mobile ; la lecture de données au format XML ou JSON.

De nos jours il existe plusieurs outils du genre, gratuits ou commerciaux, open-source ou non, qui se basent essentiellement sur la combinaison des technologies HTML5, Javascript et CSS3 pour adresser cette problématique du multiplateformes : jQTouch[22], Phonegap[23], Rhomobile Rhodes[24] ou Sencha Touch[25]. Selon nos critères (Cf. Annexe B pour les résultats de la comparaison), nous avons choisi d'utiliser Sencha Touch, qui est l'un des outils gratuits les plus populaires à l'heure actuelle, sous Licence GNU GPL v3. Il permet de développer des applications mobiles web pour iPhone, Android et BlackBerry. De plus, Sencha Touch permet le développement rapide d'applications mobiles web, avec la possibilité de demander des données par AJAX ou JSONP.

À l'aide de cet outil, nous avons développé une version web mobile de notre jeu, EcoSquare, dont l'élément le plus intéressant est l'onglet EcoChamp qui contient une carte Google Maps avec affichage de la position courante du joueur (Cf. Figure 10, image de gauche), des écolieux récupérés auprès de notre prototype de WSCS (Cf. Figure 10, image au centre). Nous avons également implanté les filtres sur les écolieux (voir Figure 10, image de droite).

---

[22] Site officiel de jQTouch, http://jqtouch.com/, Accédé en Juin 2011

[23] Site officiel de PhoneGap, http://www.phonegap.com/, Accédé en Avril 2010

[24] Site officiel de Rhomobile Rhodes, http://rhomobile.com/, Accédé en Juin 2011

[25] Site officiel Sencha Touch, http://www.sencha.com/products/touch/, Accédé en Janvier 2011



Figure 10 : Captures écran de l'application cliente EcoSquare

Côté serveur

Quatre défis de base doivent être relevés lorsqu'un service Web doit être implémenté et déployé : (1) la description du service, (2) l'implémentation du service, (3) la publication, la découverte et la liaison du service ainsi que (4) l'invocation et l'exécution du service Web. PHP, .NET et J2EE sont des plateformes existantes qui proposent les architectures et les standards appropriés à la gestion efficace de ces différents aspects. Le choix de l'une ou l'autre de ces plateformes influe sur la réduction du degré de complexité et de la durée du développement ainsi que sur les performances et la maintenance du service. Dans le cadre de ce projet, nous avons préféré travailler avec les standards de J2EE puisqu'il existe un important choix d'outils de développement, de serveurs d'application et d'implémentation de Java Servlet open source, des librairies pour la sérialisation XML ou JSON, ainsi que des librairies de manipulation d'objets géographiques et de traitements spatiaux dans le

monde Java. Notre implémentation s'appuie au final sur le langage Java, l'IDE Eclipse Galileo et le conteneur de servlets open source Apache Tomcat. Ces outils nous ont permis d'implémenter une partie de notre contrat de service (Cf. section 4.2.4.1) avec l'opérateur GetContextFeature (pour preuve de concept) et d'interroger la base de données et le serveur de Foursquare.

Côté ressources

Le besoin essentiel à ce niveau est de disposer d'un système de gestion de base de données (SGBD) qui servirait à stocker les données de contexte provenant des différents capteurs disséminés dans l'environnement multi-joueurs, et à les récupérer à travers un langage de requête comme SQL. Étant donné que nous manipulons ici des données tant attributaires que spatiales (essentiellement des points), différents SGBD sont disponibles actuellement sur le marché pour supporter le stockage de géométries : Oracle Spatial, ArcSDE, PostgreSQL/PostGIS étant les plus populaires. Notre choix s'est porté sur PostgreSQL/PostGIS car c'est une solution performante, open source et gratuite qui correspond totalement à nos besoins. La structuration de la base de données reprend totalement les éléments du modèle décrits en section 4.2.2.

À l'aide à l'API de FourSquare, le service Web a accès aux données sur les bâtiments et les parcs se trouvant dans le voisinage des joueurs, leurs profils, ainsi que la liste de leurs amis qui utilisent l'application de base de FourSquare, ceux se trouvant dans leur groupe d'amis de Facebook ou de Twitter, et leurs profils. Nous avons une base de données respectant la structure du modèle contextuelle avec quelques ajustements au niveau des éléments à stocker pour tenir compte de la ressource externe qu'est l'API de FourSquare.

4.2.5.3. EcoSquare et WSCS en action

Dans cette section, nous présentons brièvement quelques uns des tests

effectués sur le prototype de service web et EcoSquare. Ces tests servent à valider l'efficacité, la pertinence et la faisabilité de notre solution.

Tout d'abord, l'interface de l'application cliente présente différents onglets dont l'onglet EcoChamp qui offre au joueur une vue cartographique de la scène de jeu. Le joueur peut voir sa position actuelle ainsi que tous les écolieux disponibles dans ses environs comme le montre l'image de gauche de la Figure 10.

En sélectionnant un écolieu à partir de cette interface, il pourra enregistrer sa visite dans ce lieu et laisser des commentaires ou des évaluations.

Pour afficher ces données sur la carte et obtenir des informations contextuelles comme le nom de l'écolieu, l'adresse, le joueur occupant ce lieu ou encore la distance de cet écolieu par rapport à la position courante du joueur nous avons fait appel à notre service WSCS avec l'opérateur GetContextFeature.

Afin d'illustrer l'usage de notre service web, nous montrons, au travers de la Figure 11, un exemple de requête GET envoyée au WSCS et l'affichage de la réponse au niveau du client. Cet exemple démontre une forte utilité pour tester l'accessibilité du client à des informations de contexte spatial relatives aux écolieux à occuper. Cet exemple demande de récupérer les 3 premières entités de contexte de type écolieux à partir de coordonnées données). L'URL est la suivante :
http://localhost :8080/testwscs/wscs?request=getContextFeature&typeName=ecolieux&maxFeatures=3&coords=46.78,-71.27



Figure 11: Le client EcoSquare avec l'onglet EcoChamp

Dans la Figure 12, nous retrouvons la réponse complète en JSON à cette requête. Grâce aux coordonnées fournies en paramètres, nous sommes capables de récupérer, entre autres, l'information « distance » qui est calculée par rapport aux écolieux. Cette information servira plus tard à limiter les données renvoyées selon une zone tampon. Pour ce faire, le client pourra utiliser le paramètre Filter pour restreindre les données renvoyées à un certain rayon dont le joueur serait le centre. Pour le moment, par défaut, nous renvoyons au client les 10 écolieux se trouvant à une distance de 500m à la ronde. Notons qu'ici ce sont les écolieux les plus populaires de l'API qui lui sont ressortis, car cela pourrait permettre de savoir rapidement où sont les ennemis sans avoir trop de données à consulter.

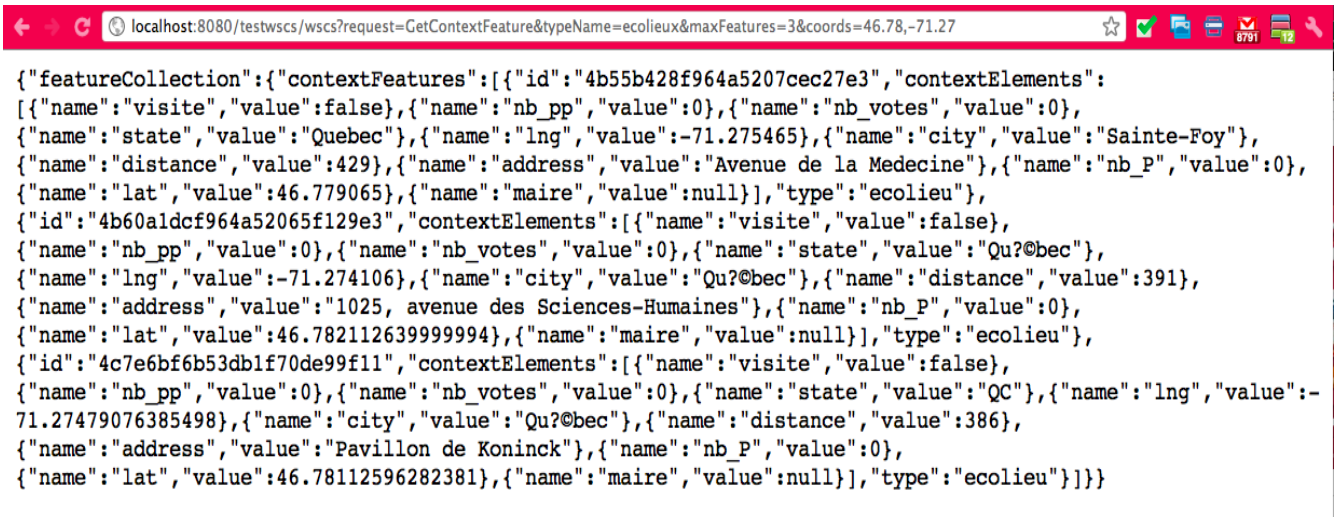


Figure 12: Exemple d'exécution de la requête GetContextFeature

L'exemple suivant montre l'exploitation de la requête GetContextFeature avec un Filter sur la distance (DWithin). Nous récupérons ici les 10 écolieux se trouvant dans un rayon de 1000m à partir de la position courante d'un joueur (Cf. Figure 13). Contrairement à l'exemple précédent, ce ne sont pas les écolieux populaires qui sont retournés mais bel et bien tous ceux se trouvant dans la zone délimitée par le filtre. Ici le client accède de manière transparente aux données selon ses besoins.

L'URL est la suivante :

http://localhost :8080/testwscs/wscs?request=getContextFeature&typeName=ecolieux&maxFeatures=3&Filter=<Filter><DWithin><PropertyName>Geometry</PropertyName><gml:Point><gml:Coordinates>46.78,-71.2</gml:Coordinates></gml:Point><Distance units='m'>1000 </Distance> </DWithin></Filter>



{"featureCollection":{"contextFeatures":[{"id":"4b55b428f964a5207cec27e3","contextElements":
[{"name":"visite","value":false},{"name":"nb_pp","value":0},{"name":"nb_votes","value":0},
{"name":"state","value":"Quebec"},{"name":"lng","value":-71.275465},{"name":"city","value":"Sainte-Foy"},
{"name":"distance","value":429},{"name":"address","value":"Avenue de la Medecine"},{"name":"nb_P","value":0},
{"name":"lat","value":46.779065},{"name":"maire","value":null}],"type":"ecolieu"},
{"id":"4b60a1dcf964a52065f129e3","contextElements":[{"name":"visite","value":false},{"name":"nb_pp","value":0},
{"name":"nb_votes","value":0},{"name":"state","value":"Qu?©bec"},{"name":"lng","value":-71.274106},
{"name":"city","value":"Qu?©bec"},{"name":"distance","value":391},{"name":"address","value":"1025, avenue des Sciences-
Humaines"},{"name":"nb_P","value":0},{"name":"lat","value":46.782112639999994},
{"name":"maire","value":null}],"type":"ecolieu"},{"id":"4b4f285af964a520c0fb26e3","contextElements":
[{"name":"visite","value":true},{"name":"nb_pp","value":0},{"name":"nb_votes","value":1},{"name":"state","value":"QC"},
{"name":"lng","value":-71.27465933561325},{"name":"city","value":"Qu?©bec"},{"name":"distance","value":378},
{"name":"address","value":"1030, avenue des Sciences-Humaines"},{"name":"nb_P","value":1},
{"name":"lat","value":46.78117004462347},{"name":"maire","value":"6340969"}],"type":"ecolieu"}]}}

Figure 13: Exemple d'exécution de la requête GetContextFeature avec Filter

Grâce à l'information de distance par rapport à la position du joueur, nous avons appliqué un test sur les données retournées ne gardant ainsi que celles qui se trouvent dans la zone tampon demandée. On remarque effectivement qu'il y a plus d'écolieux présents à l'écran (Cf. Figure 14) et en regardant de près la réponse, on peut observer que les valeurs de distance sont <1000m.



Figure 14 : Client Ecosquare avec exploitation de la réponse à une requête GetContextFeature avec Filter

4.2.6. Conclusion/perspectives

Dans cet article, nous avons présenté les grandes lignes de la proposition d'un service web dédié à la gestion d'informations de contexte spatial dans le cadre du projet GéoÉduc3D. Nous avons tout d'abord fait un retour sur les notions de contexte, contexte spatial et sur le modèle de contexte spatial que nous avons élaboré (Edoh-Alove et al., 2010). Ensuite nous avons identifié les besoins liés au cadre applicatif ainsi que les fonctionnalités qui permettront de répondre à ces besoins. Ce cahier de charges en main, nous avons élaboré l'architecture de notre solution en mettant l'accent sur le fonctionnement des différents tiers (client, serveur, ressource). Ceci nous a conduit à une nouvelle contribution avec la

définition de notre service web de contexte spatial (WSCS) en proposant un contrat de service, adapté à nos besoins et s'appuyant sur les spécifications WFS et Filter Encoding de l'OGC, ainsi qu'un encodage pour les réponses renvoyés par le service dans un format XML et/ou JSON. Finalement, nous avons implémenté un prototype du WSCS et une application de jeu cliente EcoSquare qui contribuent à montrer la faisabilité de notre approche, ainsi que son utilité. Ainsi, à l'aide de nos contributions, nous considérons qu'il est désormais possible de rendre disponible le contexte spatial aux applications de jeux clientes, dans des environnements multi-joueurs. Notre solution a l'avantage d'être interopérable, flexible et indépendante de l'application cliente et de ses particularités en termes de données contextuelles. Le contrat de service est défini une fois pour toute et ses opérateurs nous permettent de couvrir les besoins du système. Une implémentation opérationnelle complète du WSCS et des tests en situation réelle sont encore à faire ainsi que des questionnaires auprès des potentiels consommateurs du modèle de contexte afin d'améliorer et valider toutes nos propositions.

Pour aller plus loin avec notre solution de gestion du contexte spatial (RA, Jeux, Mobile), il serait judicieux de construire une ontologie standard qui aurait l'avantage de permettre le développement de traitements et agrégations intelligentes avec les données renvoyées par le WSCS. Une telle ontologie conduirait probablement au remplacement de l'encodage avec les paires nom-valeurs par un encodage avec modèle basé sur ontologie (OWL – Web Ontology Language ou RDF-Resource Description Framework).

4.2.7. Bibliographie partielle

Abowd, G.D., Atkeson, G.C., Hong, J., Long, S. Kooper, R., Pinkerton, M., « Cyberguide: A mobile context-aware tour guide», *Wireless Networks*, vol. 13, n° 5, 1997, p. 421-433.

Ackay, O., Altan O., « Ontology for context-aware visualization of spatial data in mobile devices», *Proceedings of the Joint Workshop Visualization and Exploration of Geospatial Data* XXXVI-4/W45, Stuttgart, Germany, 2007.

Baldauf M., Dustdar S., Rosenberg F., « A survey on context-aware systems», *International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing*, vol. 2, n° 4, 2007, p. 263–277.

Benazzouz Y., Beaune P., Ramaparany F., Boissier O., « Modeling and Storage of Context Data for Service Adaptation», *Enabling Context-Aware Web Services: Methods, Architectures, and Technologies*, 2010, p.469-493.

Brown P. J., Bovey, J. D., Chen, X., « Context-aware applications: From the laboratory to the marketplace», *IEEE Personal communications*, vol. 4, n° 5, 1997, p. 58-64.

Cai G., Xue Y., «Activity-oriented Context-aware Adaptation Assisting Mobile Geo-spatial Activities», *Proceedings of the 11th international conference on Intelligent user interfaces*, Sydney, Australia, 2006, p.354-356.

Chaari T., Laforest F., Flory A., « Adaptation des applications au contexte en utilisant les services WEB », *Proceedings of Conference UbiMob'05*, Grenoble, France, 2005, p.111-118.

Cheverst K., «Developing a Context-aware Electronic Tourist Guide: Some Issues and Experiences», *In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* ,The Hague, The Netherlands, CHI'00, ACM Press, 2000

Dey A. K., Abowd G.D., «A Conceptual Framework and a Toolkit for Supporting the Rapid Prototyping of Context-Aware Applications», *Human-Computer Interaction*, 16, 2001, p. 97-166.

Dey A. K., «Context-aware computing: The Cyber Desk project», *Proceedings of the AAAI 1998 Spring Symposium on Intelligent Environments*, Menlo Park, CA: AAAI Press, 1998, p. 51-54.

Dey A. K., Providing Architectural Support for Building Context-Aware Applications. Unpublished PhD Thesis, Georgia Institute of Technology, 2000.

Edoh-Alove E., Hubert F., Badard T, « Vers la conception d'un service Web de contexte spatial dédié aux téléphones intelligents dans le cadre de jeux éducatifs interactifs», Actes électroniques *SAGEO 2010*, Outils, Méthodes et Modèles en Géomatique pour la production de connaissances sur les territoires et le paysage, Toulouse, France, 17-19 novembre, 2010, p.290-303.

Euzenat J., Pierson J., Ramparany F., « Dynamic context management for pervasive applications» *The Knowledge Engineering Review*, vol. 23, Issue 1, Cambridge University Press New York, USA, 2008, p.21-49.

Filho J.B., Martin H., « QACBAC : an owner-centric QoC-aware context-based access control model for pervasive environments», *Proceedings of the SIGSPATIAL ACM GIS 2008 International Workshop on Security and Privacy and LBS*, Irvine, California, USA, 2008, p. 30-38.

Frank C., An Egocentric Spatial Data Model for Intelligent Mobile Geographic Information Systems. Department of Spatial Information Science and Engineering, Master's Thesis. University of Maine, Orono, Maine, USA, 2003.

George S., Lekira A.S., «MeCoCO: A Context-Aware System for Mediated Communications», *International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM)*, vol. 3, Issue 3, DOI: 10.3991/ijim.v3i3.748, 2009, p.26-33.

Hinze A., Buchanan G., «Context-awareness in Mobile Tourist Information Systems: Challenges for User Interaction», *Proceedings of Workshop on Context in Mobile HCI, in conjunction with Mobile HCI'*, Salzburg, Austria, 2005.

Hofer T., Schwinger W., Pichler M., Leonhartsberger G., Altmann J., «Context-Awareness on Mobile Devices- the Hydrogen Approach», *Proceedings of the 36th Hawaii International Conference on System Sciences*, 2003, p. 292-302.

Hristova A., Conceptualization and Design of a Context-aware Platform for user-centric Applications, Norwegian University of Science and Technology and The Royal Institute of Technology, Master's Thesis, 2003.

Hull R., Neaves P., Bedford-Roberts J., «Towards situated computing», *Proceedings of the First International Symposium on Wearable Computers (ISWC'97)*, Cambridge, MA, USA, 1997,p.146-153.

Li C., Willis K., «Modeling Context Aware Interaction for Wayfinding using Mobile Devices», *Mobile HCI'06*, September 12-15, 2006, Helsinki, Finland.

Li K., Ubiquitous GIS, Notes de cours, Pusan National University, South Korea, 2007, http://stem.cs.pusan.ac.kr/UBGIS/UBGIS.html

Lopez-Velasco C., Carrillo Ramos A., Villanova-Oliver M., Gensel J., Martin H., «Sélection de services Web adaptés au contexte d'utilisation», *24° congrès INFORSID 2006*, Hammamet, Tunisie, 31 mai – 3 juin 2006.

Meng L., Zipf A., Reichenbacher T., «Map-based Mobile Services», *Theories, Methods and Implementations*, Heidelberg: Springer Verlag, 2005.

Nivala A., Sarjakoski T., «Need for Context-Aware Topographic Maps in mobile Devices», *In ScanGIS'2003 Proceedings of the 9th Scandinavian Research Conference on Geographical Information Science*, June 4-6 2003, Espoo, Espagne.

Pascoe J., Ryan N. S., Morse D. R., «Human-Computer-Giraffe Interaction – HCI in the field», *Proceedings of the Workshop on Human Computer Interaction with Mobile Devices*, Glasgow, Scotland, 1998.

Petit M., Approche spatial pour la caractérisation du contexte d'exécution d'un système d'information ubiquitaire, Thèse de Doctorat, École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, France, 2010.

Repo P., Riekki J., «Middleware Support for Implementing Context-Aware Multimodal User Interfaces», *MUM 2004*, October 27-29, 2004, College Park, Maryland, USA.

Rodden T., Cheverst K., Davies K., Dix A., «Exploiting context in HCI design for mobile systems», *Proceedings of the Workshop on Human Computer Interaction with Mobile Devices*, Glasgow, Scotland, 21-23 May, 1998.

Ryan N., Pascoe J., Morse D., «Enhanced reality fieldwork: the context-aware archaeological assistant», *Proceedings of the 25th Anniversary Computer Applications in Archaeology*, 1997.

Schilit B., Theimer M., «Disseminating active map information to mobile hosts», *IEEE Network*, vol. 8, Issue 5, 1994, p. 22-32.

Schwinger W., Grün C., Pröl B., Rasinger J., Retschitzegger W., *Context-Awareness in Mobile Tourist Guides*, Handbook of research in mobile multimedia, 2nd edition, Khalil-Ibrahim Ismail (ed.), IGI Global, USA, 2008.

Tan E.M., Foo S., Goh D.H., Theng Y., «A Model for Classifying and Using Contextual Information for Context-Aware Applications», *Electronic journal Aslib Proceedings,* Emerald Group Publishing Limited, vol. 61, Issue 6, 2009, p. 565-586.

Van Setten M., Pokraev S. Koolwaaij J., «Context-Aware Recommendations in the Mobile Tourist Application COMPASS», *Hypermedia and Adaptative Web-Based Systems*, Lecture Notes in Computer Science, Volume 3137, 2004, p. 515-548.

Ward A., Jones A., Hopper A., «A new location technique for the active office», *IEEE Personal Communications*, vol. 4, Issue 5, 1997, p. 42-47.

Yang H., Support spatial-awareness: collaborative navigation in a virtual environment. A dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements of the degree of Doctor of Philosophy in the University of Michigan, 2003.

4.3. Compléments à l'article

Cet article présente l'ensemble des travaux réalisés relativement aux objectifs 3 et 4 de notre projet de maitrise. Il couvre ainsi la définition complète du service Web (contrat de service, langage d'interrogation, encodage de la réponse) ainsi que la conception et la mise en œuvre des prototypes de tests tant pour le client que le service lui-même. Les résultats des tests y sont aussi mentionnés, par contre il n'adresse pas les limites des prototypes et/ou de l'environnement de test. En effet, afin de tenir compte du temps restreint disponible pour le prototypage, des choix technologiques et de développement ont été faits, et il n'a pas été possible

d'implanter toutes les opérations du service Web, ni toutes les fonctions du client Ecosquare, et de faire des tests plus poussés et des validations auprès des consommateurs réels de notre solution. Ces limites seront discutées point par point dans les prochains paragraphes.

- *FourSquare et ses données* : l'API FourSquare nous a permis de ne pas perdre du temps sur la constitution d'une base de données simulées et/ou réelles et de se concentrer plutôt sur les tests d'interrogation du service Web. Cependant, cette plateforme nous contraint non seulement au niveau de ce que l'on peut faire avec les données (des enregistrements ponctuels à des places à un temps t, des occupations de places après plusieurs enregistrements, etc.) mais aussi et surtout au niveau de l'accès à ces données. En effet, ce dernier est sécurisé par le protocole oAuth2[26] dont le fonctionnement est le suivant : avant toute chose, nous devons enregistrer notre application auprès de FourSquare qui nous fournit en retour un code (2) d'authentification. Tout client Ecosquare doit avoir un compte FourSquare et lorsqu'il souhaite se connecter au premier, il est redirigé vers une page où il est appelé à autoriser l'accès à FourSquare pour l'application Ecosquare. Lorsque l'autorisation est accordée, il est redirigé vers une page de callback (1), fournie lors de l'enregistrement de l'application auprès de FourSquare, à partir de laquelle l'application Ecosquare envoie une requête, avec le « code » qui nous a été retourné, en paramètre, à Foursquare pour récupérer les clés (3) client (client_id et client_secret). Il est possible de stocker les clés fournis dans la base de données en l'associant à cet utilisateur. Elles seront indispensables plus tard pour récupérer les données le concernant auprès de FourSquare. Sans ces clés, on ne peut pas récupérer plusieurs joueurs avec leurs données chez FourSquare. Il est absolument nécessaire dans ce cas de figure, d'avoir un service qui gère tout ce qui est authentification des joueurs et avec lequel notre propre service est connecté pour

[26] FourSquare Authentification, https://developer.foursquare.com/overview/auth, accédé en 2010

acquérir les données et les stocker, et ce de manière transparente à l'utilisateur. Une servlet a donc été implantée (Cf. Figure 15 pour le diagramme de séquence final). Cependant, une limite est apparue avec le fait qu'il fallait aussi créer au préalable des vrais utilisateurs de FourSquare. Cela revenait à créer la donnée puis permettre sa récupération à travers notre servlet afin de la stocker dans la base de données. Pour gagner du temps, nous avons juste créé un seul utilisateur et ajouté des amis via Facebook. Puis, nous avons utilisé les identifiants FourSquare de ces amis pour créer des joueurs simulés dans notre base de données. Ce choix nous a conduits à disposer de joueurs et d'équipes qui auraient déjà occupés des écolieux, de quoi enrichir le contexte et tester nos fonctionnalités. Par contre, ce choix ne permettra pas par la suite de jouer avec plusieurs joueurs réels en même temps, chacun sur un téléphone différent, puisqu'ils n'existent pas réellement auprès de FourSquare, donc auprès de notre application test.

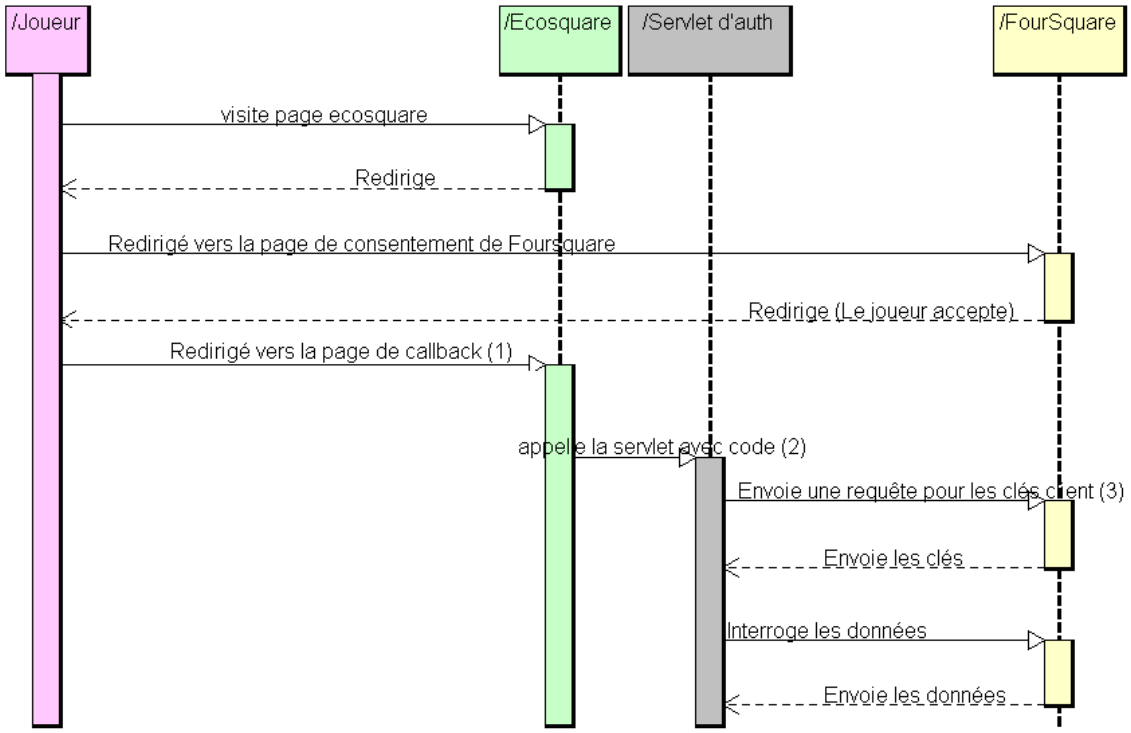


Figure 15: Diagramme de séquences du processus d'authentification mis en œuvre

• *Opérations* : Toujours dans le souci d'un gain de temps, toutes les opérations n'ont pas été implantées, dont notamment LockContextFeature, Transaction, et DescribeContextFeatureType. Les deux premières permettent l'acquisition de données contextuelles. Leur implantation aurait du servir à tester l'envoi d'informations contextuelles diverses au serveur depuis le client. Nous avions déjà fait le choix de contourner cette problématique en exploitant des données existantes (API FourSquare) et simulées. Il s'agissait de se concentrer donc sur l'implantation du GetContextFeature qui lui, permet les tests à la fois de l'architecture, du langage d'interrogation et de l'encodage proposé. La troisième opération « DescribeContextFeatureType sert à renvoyer une description de la structure des

types d'objets de contexte spatial. Bien que cette opération soit simple, comme GetCapabilities, elle n'a pas été mise en œuvre par manque de temps. Ci après (Cf. Figure 16) nous retrouvons la réponse de la requête GetCapabilities. Cette réponse comporte quatre grandes parties qui sont :

- Les informations sur le service : on retrouve donc le titre, le nom, la version, le type ainsi qu'un résumé du service dans la balise de <wscs :ServiceIdentification>.
- Les informations sur les opérations supportées : il s'agit du nom de l'opérateur, du lien à travers lequel accédé à l'opération en GET/POST, et des différents paramètres requis que l'on retrouve dans <wscs :Capability>. Chaque opération est décrite au niveau de la balise <wscs :Operatiion>
- La liste des types de « ContextFeature » disponibles : On retrouve dans la balise < wscs:ContextFeatureTypeList>, chaque type de « ContextFeature » avec son nom, sa catégorie, et un petit résumé.
- La liste des filtres disponibles : elle se trouve dans la balise <wscs :FilterCapabilities> et donne la liste des filtres spatiaux et scalaires mis en œuvre par le service web.

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<wscs:WSCS_Capabilities xmlns :wscs=
http://geosoa.scg.ulaval.ca/WebSpatialContextService,
xmlns:html="http://www.w3.org/1999/xhtml>

<wscs:ServiceIdentification>
   <wscs:Title>Web Spatial Context Service -WSCS</wscs:Title>
   <wscs :Name>WSCS</wscs :name>
   <wscs :Abstract>WSCS Capabilities document</wscs :Abstract>
   <wscs:ServiceType>WSCS</wscs:ServiceType>
   <wscs:ServiceTypeVersion>1.0.0</wscs:ServiceTypeVersion>
</wscs:ServiceIdentification>

<wscs:Capability>
 <wscs:Request>
   <wscs:Operation name="GetCapabilities">
      <DCPType><HTTP><Get xlink:
href=http://localhost:8080/testwscs/wfs?/></HTTP></DCPType>
```

```
   </wscs:Operation>
   <wscs:Operation name="GetContextFeature">
      <DCPType>
          <HTTP>
             <Get xlink:href=" http://localhost:8080/testwscs/wfs? "/>
             <Post xlink:href=" http://localhost:8080/testwscs/wfs "/>
          </HTTP>
       </DCPType>
      <wscs:Parameter name="outputFormat">
         <wscs:Value>text/json</wscs:Value>
         <wscs:Value>text/xml</wscs:Value>
      </wscs:Parameter>
      <wscs:Parameter name="TypeName"/>
      <wscs:Parameter name="ElementNames"/>
      <wscs:Parameter name="maxFeatures"/>
      <wscs:Parameter name="Level"/>
      <wscs:Parameter name="Filter"/>
   </wscs:Operation>
   <wscs:Operation name="DescribeContextFeatureType">
      <DCPType>
        <HTTP>
           <Get xlink:href=" http://localhost:8080/testwscs/wfs? "/>
           <Post xlink:href=" http://localhost:8080/testwscs/wfs "/>
        </HTTP>
      </DCPType>
      <wscs:Parameter name="TypeName"/>
    </wscs:Operation>

   <wscs:Operation name="LockContextFeature">
      <DCPType>
        <HTTP>
           <Get xlink:href=" http://localhost:8080/testwscs/wfs? "/>
           <Post xlink:href=" http://localhost:8080/testwscs/wfs "/>
        </HTTP>
      </DCPType>
      <wscs:Parameter name="TypeName"/>
      <wscs:Parameter name="LockAction"/>
      <wscs:Parameter name="Expiry"/>
   </wscs:Operation>

   <wscs:Operation name="Transaction">
      <DCPType>
        <HTTP>
           <Post xlink:href=" http://localhost:8080/testwscs/wfs "/>
        </HTTP>
      </DCPType>
      <wscs:Parameter name="LockId"/>
   </wscs:Operation>

 </wscs:Request>
</wscs:Capability>

<wscs:ContextFeatureTypeList>
```

```
 <wscs:Operations>
  <wscs:Query/>
 </wscs :Operations>

 <wscs :ContextFeatureType>
   <wscs:Name>ecolieux</wscs:Name>
   <wscs:Category>jeu</wscs:Category>
   <wscs:Abstract>Tous les écolieux </wscs:Abstract>
 </wscs :ContextFeatureType>

 <wscs:ContextFeatureType>
   <wscs:Name>joueur</wscs:Name>
   <wscs:Category>joueur</wscs:Category>
   <wscs:Abstract>Utilisateur</wscs:Abstract>
 </wscs :ContextFeatureType>

 <wscs :ContextFeatureType>
   <wscs:Name>environnement</wscs:Name>
   <wscs:Category>environnement</wscs:Category>
   <wscs:Abstract>L'environnement physique du joueur</wscs:Abstract>
</wscs :ContextFeatureType>

 <wscs :ContextFeatureType>
   <wscs:Name>localisation</wscs:Name>
   <wscs:Category>localisation</wscs:Category>
   <wscs:Abstract> Tout ce qui a trait à la localisation du joueur</wscs:Abstract>
 </wscs :ContextFeatureType>

 <wscs :ContextFeatureType>
   <wscs:Name>appareil</wscs:Name>
   <wscs:Category>appareil</wscs:Category>
   <wscs:Abstract>les informations sur l'appareil du joueur</wscs:Abstract>
 </wscs :ContextFeatureType>

 <wscs :ContextFeatureType>
   <wscs:Name>equipe</wscs:Name>
   <wscs:Category>Social</wscs:Category>
   <wscs:Abstract>les infomartions liées aux équipes</wscs:Abstract>
</wscs :ContextFeatureType>
</wscs:ContextFeatureTypeList>

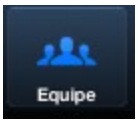
<wscs:Filter_Capabilities>
 <wscs:Spatial_Capabilities>
  <wscs:Spatial_Operators>
   <wscs: DWithin/>
   <wscs: Contains/>
   <wscs: Equals/>
  </wscs: Spatial_Operators>
 </wscs: Spatial_Capabilities>
 <wscs: Scalar_Capabilities>
  <wscs: Comparison_Operators>
    <wscs:Between/>
    <wscs:Like/>
```

```
  </wscs:Comparison_Operators>
 </wscs: Scalar_Capabilities>
</wscs:Filter_Capabilities>

</ wscs:WSCS_Capabilities >
```

Figure 16 : Réponse de la requête getCapabilities.

Ecosquare : Cette application cliente a été conçue dans le but principal de tester le service web avec des vrais joueurs sur terrain et en temps réel. Il dispose de 5 onglets correspondant aux différentes interfaces utiles au joueur : Moi, Équipe, EcoChamp, Réglages et Plus. Dans le Tableau 9, nous présentons rapidement chacune de ces interfaces avec les cas d'utilisation auxquels elles correspondent et nous mentionnons dans quelle mesure elles sont utiles pour nos tests.

Onglet	Cas d'utilisation	Utilité	Priorité
Moi 	Gestion du profil personnel du joueur. Le joueur peut visualiser son profil (nom, photo, bâtiments visités dernièrement etc.) ou le modifier.	Test de récupération des informations sur le joueur	Moyen Utilise la mise en œuvre de GetContextFeature (Cela revient au test avec EcoChamp)
Équipe 	Gestion de l'équipe auquel le joueur appartient. Utilisé par les capitaines pour créer ou modifier une équipe et ajouter (inviter) des membres faisant partie de sa liste d'amis.	Test de l'envoi d'informations contextuelles sur les équipes au service web. Utile donc pour tester les opérations de transaction (LockContextFeature et Transaction)	Faible Ces informations ont été récupérées de Foursquare et notre priorité est de tester l'opération GetContextFeature
EcoChamp 	Visualisation de la carte de la zone de jeu avec les écolieux (occupés, non visités, ennemis). Le joueur peut choisir ici les écolieux à visiter en cliquant sur le marqueur correspondant. Il est ensuite emmené sur une page ou il peut laisser un éco-astuce, ou une évaluation. Cf. Figure 18 et Figure 19	Test de la récupération des écolieux alentours avec possibilité d'appliquer des filtres. Utile donc pour tester l'opération de GetContextFeature	Forte Cette interface (Cf. Figure 11) correspond à l'opérateur prioritaire pour nos tests, à savoir, le WSCS
Réglages 	Paramétrage du jeu. Le joueur peut ramener ses contacts des réseaux sociaux (Facebook, Twitter) et boîtes électroniques (Yahoo, Gmail, etc.), supprimer son compte ou le modifier (pseudonyme et mot de	Test de l'envoi d'informations contextuelles sur le joueur au service web. Utile donc pour les tests des opérations de transaction (LockContextFeature, Transaction)	Faible Ces informations ont été récupérées de Foursquare et notre priorité est de tester l'opération GetContextFeature

	passe)		
Plus 	Tout ce qui peut être nécessaire au jeu à part ce qui a déjà été cité (exemple : visualisation du classement des équipes)	Test de la récupération d'information sur les scores des équipes.	Faible Car cela revient au test avec Ecochamp

Tableau 9 : Tableau décrivant les interfaces du client Ecosquare

Afin de disposer rapidement des fonctionnalités du client permettant de faire les tests allant dans le sens de nos priorités (relativement au WSCS), nous n'avons pas implanté toutes les interfaces présentées dans le tableau. Pour être exact, seule l'interface Ecochamp a été complètement implantée. Les interfaces « Moi » et « Equipe » ont été réalisées de façon sommaire (incomplète) pour prendre en main l'environnement de programmation et en tester les possibilités.

Tests : Comme évoqué au début de cette section, dans la partie relative à FourSquare et ses données, les tests ont été réalisés à partir d'un seul téléphone intelligent avec simulation des autres joueurs de l'environnement. Le client a été exécuté soit à travers un simulateur d'iPhone, soit Google Chrome (à partir de n'importe quel terminal) afin de contourner la problématique de droits de développeur Apple (il est impossible de tester des applications sur iPhone/iPod Touch/iPad tant qu'on ne s'enregistre pas auprès de la société comme développeur agréé moyennant une certaine somme). Bien que cela constitue un obstacle à la réalisation d'un client complet, notre objectif qui reste la validation du service web et des différents appels pouvait être quand même adressé. Dans un environnement réel avec plusieurs réels joueurs, le temps de latence du réseau aurait un impact sur la rapidité des réponses. Pour le moment, les réponses sont obtenues en seulement quelques secondes. Le délai additionnel pourrait être estimé en fonction du débit moyen du réseau et de la taille des données à transmettre.

4.4. Conclusion du chapitre

Ce chapitre a fait état de la proposition des spécifications du WSCS et de la réalisation des prototypes du service Web et d'un client utile pour les tests de validation. Il vient donc répondre aux deux derniers objectifs énoncés dans le premier chapitre, à savoir la conception et le développement d'un service web pour la gestion du contexte spatial (section 1.4, objectif III) ainsi que la conduite de tests et la validation du service (section 1.4, objectif IV). Les choix technologiques ont été décrits, tant pour les opérations, le langage d'interrogation, l'encodage des réponses, que pour l'architecture technique avec ses composants logiciels, les données tests et l'implantation du prototype du client. Des tests ont été exécutés sur le client et le serveur pour vérifier l'efficacité de certaines opérations. Pour finir, les limites des prototypes actuels ont été énoncées.

Rappelons que ce prototypage constitue avant tout une preuve de concept. Il ne constitue pas l'unique implantation possible de notre service Web et il est tout à fait possible d'en faire une autre en s'appuyant sur des choix technologiques différents qui respectent au minimum le contrat de service et l'encodage proposé. Une toute autre application cliente additionnée à des données contextuelles différentes peuvent également être exploitées pour réaliser les tests.

Chapitre 5

Conclusion et perspectives

5.1. Retour sur les objectifs du projet et la recherche effectuée

Le travail accompli durant ce projet de maitrise a permis de mettre en exergue la faisabilité et les outils et modèles adéquats pour une exploitation efficace du contexte spatial dans les jeux éducatifs sur téléphones intelligents dans un environnement multi-joueurs, ce qui rejoint totalement l'un des objectifs scientifiques du projet GéoÉduc3D visant à « proposer de nouvelles méthodes permettant d'exploiter l'information de mobilité et le contexte spatial » (GéoÉduc3D, 2006). Ce travail a montré qu'il était possible de partager et d'accéder aux données de contexte spatial relatives à tout utilisateur de l'environnement multi-joueurs quelque soit le terminal mobile, la position et à n'importe quel moment. La voie est ainsi ouverte aux mises en œuvre d'applications mobiles de jeux, conscients du contexte spatial, sans contrainte sur le cadre de développement, la plateforme de déploiement (Android, iPhone…) où encore sur leurs scénarios. Tout cela cadre avec l'objectif général de ce projet qui est de proposer une solution informatique capable d'acquérir et de diffuser le contexte spatial (RA, Jeux, Mobile) dans un environnement multi-joueurs sur et pour des téléphones intelligents. Pour atteindre cet objectif, des étapes ont été franchies afin de répondre aux objectifs spécifiques :

Le *premier objectif spécifique* était de définir et de modéliser le contexte spatial en tenant compte des domaines des jeux éducatifs, de la mobilité et de la réalité

augmentée. Dans cette optique, nous avons fait dans un premier temps, une revue de littérature des travaux portants sur la modélisation de contexte. Les définitions du concept de contexte et de conscience du contexte ont été répertoriées, ainsi que les approches de représentation de la donnée contextuelle. Nous avons constaté que la définition de contexte spatial n'était pas explicitement et clairement formulé et nous en avons proposé une (cf. sous-section3.2.3) adaptée de la conception de contexte géographique de (Li, 2007). Après exploration des différents domaines en jeux (Mobilité, RA, Jeux), nous avons proposé un modèle descriptif du contexte spatial puis un modèle de données de contexte spatial à partir du type de représentation choisi (cf. section 3.3). Ce modèle flexible et extensible est basé sur une classification en huit (8) catégories de tous les types d'informations contextuelles possibles : Joueur, Localisation, Appareil, Réseau, Social, Environnement, Environnement d'exécution et Jeux. Dans le cadre de ce projet de maitrise, nous l'avons adopté avec quelques exemples non exhaustifs d'informations contextuelles pour la suite des travaux. Il pourra faire l'objet d'une approbation finale de futurs utilisateurs.

Le *deuxième objectif spécifique* du projet visait la conception d'une architecture dédiée à la gestion du contexte spatial. La revue de littérature effectuée au préalable a permis de faire ressortir des exemples d'infrastructures mises en œuvre pour la gestion du contexte et par là, les différentes couches de traitement par lesquelles doivent passer les données de contexte depuis leur acquisition jusqu'à leur exploitation au niveau application. Nous avons ensuite proposé une architecture 3-tiers (client, serveur, ressources) dont le cœur est un service Web, en tenant en compte les particularités et les besoins du système (interopérabilité, mobilité, partage des données etc.).

Le *troisième objectif spécifique* adressait la conception et le développement du service Web sur lequel repose notre proposition d'architecture. Nous avons tout d'abord identifié les besoins à la suite de l'analyse fonctionnelle du système. Il en est ressorti que ce dernier devait supporter l'acquisition des données contextuelles, leur

stockage, leur récupération et leur interrogation à travers des filtres spatiaux et scalaires. Partant de là, les spécifications du service Web ont été élaborées. Il s'agit du contrat de service et de l'encodage de la réponse. Pour le premier, nous nous sommes notamment inspirés des standards WFS et Filter Encoding de l'OGC pour proposer cinq opérations qui répondent aux besoins précisés précédemment :

- **GetCapabilities** permet au client de s'informer sur ce que le service offre en termes d'opérations et de filtres;
- **GetContextFeature** vient répondre au besoin de récupération en permettant justement au client d'interroger le service afin de récupérer les données contextuelles souhaitées suivant des filtres renseignés ou pas;
- **DescribeContextFeatureType** renvoie un schéma XML décrivant les types de ContextFeature disponibles auprès du service
- **LockContextFeature** et **Transaction** répondent ensemble au besoin d'acquisition des données en permettant respectivement le verrouillage des données et leur ajout/mise à jour/suppression.

Le service est de type RESTful et est interrogé en mode GET à l'aide d'une URL indiquant l'opération et les paramètres souhaités, ou en mode POST, et les réponses sont fournies en XML ou en JSON. Ceci étant, des encodages XML et JSON ont été proposés en prenant en compte les contraintes de rapidité et de la représentation des données contextuelles. Le service est rendu ainsi utilisable pour l'acquisition et la diffusion du contexte quelque soit la plateforme mobile, peu importe l'application cliente.

Finalement, pour répondre au *quatrième et dernier objectif spécifique*, nous avons réalisé notre proposition d'architecture sous forme d'un prototype du service web et d'une application cliente de jeu dont nous avons défini le scénario et des cas d'utilisation faisant intervenir l'exploitation des données disponible auprès du service. Les choix technologiques ont été décrits et justifiés tant en termes du choix

des données de test et des outils logiciels exploités lors du développement. Ce prototype vient montrer la faisabilité et l'efficacité de notre solution.

5.2. Contributions de la recherche

Dans cette partie, nous faisons un retour sur les différentes contributions apportées par nos travaux de recherche au monde de la géomatique et du contexte spatial, et qui complètent les articles qui ont été écrits, soumis et acceptés.

5.2.1. Définition et modélisation du contexte spatial

Ce projet de maitrise propose une nouvelle définition du contexte spatial qui peut servir pour tout travail dans ce domaine (cf. section 3.2.3). Plus précisément, il est maintenant possible d'identifier les différents éléments de contexte spatial dans n'importe quel cadre applicatif en s'appuyant sur cette définition. Les discussions s'en trouvent aussi facilitées puisqu'on peut partir de la même base de compréhension du terme grâce à cette définition, notamment entre les concepteurs et développeurs amenés à exploiter ces données dans leurs systèmes.

Il propose également un nouveau modèle descriptif ainsi qu'un nouveau modèle de données de contexte spatial (cf. section 3.3). Ces modèles sont des éléments primordiaux quant à la compréhension, le partage et la diffusion desdites données entre et vers les utilisateurs.

Le travail effectué contribue ainsi au projet GéoÉduc3D et au domaine de la géomatique en proposant des modèles génériques et flexibles, permettant de manipuler les données de contexte spatial dans n'importe quel cadre applicatif (lié ou pas aux Jeux).

5.2.2. Architecture de gestion du contexte spatial

La réflexion menée sur une infrastructure supportant l'acquisition et la diffusion de données de contexte spatial (Jeux, RA, Mobile) dans un environnement interopérable nous a menées à la proposition d'une architecture orientée services dont le cœur est un service Web de contexte spatial (WSCS). L'implantation de cette architecture peut être faite de façon différente dépendamment du choix des technologies. Elle reste une contribution majeure et innovante dans le domaine du contexte et de l'informatique ubiquitaire car il n'existe pas de proposition répondant aux mêmes besoins que cette architecture. La voie est ainsi ouverte à la mise en œuvre rapide de solutions orientées services, se basant sur cette architecture, adaptées à l'utilisation des données contextuelles dans un environnement distribué. Les clients y sont mobiles, les données sont récupérées tant de capteurs disponibles sur les mobiles que de services accessibles dans l'environnement, les données sont centralisées et non plus localisées sur les appareils.

5.2.3. Encodage en JSON/XML et contrat de service

L'un des fruits de notre travail de recherche est également la conception d'un encodage XML et du contrat de service du notre service web de contexte spatial (WSCS). Le premier permet de représenter de manière générique un grand nombre de données de contexte spatial (paires nom-valeurs), structurées sous forme d'une entité avec des enfants, avec plusieurs niveaux de profondeur de la donnée. L'usage de ce format n'est pas limité à la diffusion de données de contexte spatial (RA, Jeux, Mobile) vers des plateformes mobiles, mais on pourrait envisager l'utiliser pour transmettre des données contextuelles indépendamment de toute plateforme logicielle.

A côté de cela, le contrat de service proposé est aux données contextuelles ce que la spécification WFS est aux données spatiales, soit un outil d'acquisition et de diffusion rapide et interopérable. Il peut être donc adapté à d'autres services manipulant des données de type contextuel en ne demandant que la modification

des filtres si nécessaire.

L'ensemble offre également une contribution innovante tant pour le monde de l'informatique ubiquitaire que pour le monde de la géomatique, notamment pour le projet GéoÉduc3D dont l'un des objectifs scientifiques étaient de proposer de nouvelles méthodes pour l'exploitation de la mobilité et du contexte spatial des joueurs.

5.2.4. Ecosquare

Le développement d'un prototype du WSCS a nécessité la conception et la mise en œuvre partielle du prototype du jeu Ecosquare. Il s'agit là de la mise en place du scénario de jeu et de l'implantation de ce dernier en application web mobile. Ce scénario peut être repris et peaufiné par le projet GéoÉduc3D car il recèle de certaines caractéristiques intéressantes comme le côté éducatif (apprentissage sur l'écologie des bâtiments), le côté ludique (les défis entre équipes, les stratégies d'occupation) et le côté mobile (application web mobile accessible depuis toute plateforme mobile).

5.3. Perspectives

En termes de perspectives futures envisageables pour ce projet, nous pouvons exposer ici quelques idées qui pourraient permettre de pousser le travail accompli plus loin.

- Premièrement, en ce qui concerne la modélisation de données de contexte, on pourrait aller vers le choix d'une représentation sémantique qui conduirait à l'élaboration d'une ontologie standard de contexte spatial. Une telle ontologie aurait l'avantage de favoriser le développement de traitements et d'agrégations intelligentes sur les données disponibles auprès de notre service. Cela nécessiterait par

exemple l'ajout d'une brique applicative dont le rôle serait essentiellement de raisonner sur la donnée contextuelle afin d'en extraire des nouvelles par déduction (i.e. un joueur a un cours inscrit à son agenda et ce joueur est proche du bâtiment de son cours, ce qui fait qu'un défi peut lui être adressé. On déduit des deux informations que le joueur est occupé et ne pourra donc exécuter le défi à temps.). La gestion de la qualité des données pourrait être aussi améliorée avec cette représentation car il ne s'agira plus juste de connaître le degré de confiance ou l'erreur sur certaines valeurs mais on peut raisonner sur les données en prenant en compte ce critère.

- Deuxièmement, un retour approfondi sur la Réalité Augmentée serait d'un grand intérêt tant au niveau des informations contextuelles qu'elle induit qu'au niveau des différents nouveaux types de capteurs logiques qu'elle pourrait amener. Ce retour permettra de prendre en compte plus pleinement et de manière rigoureuse ce domaine technologique dans l'exploitation du contexte spatial dans le cadre de jeux éducatifs sur téléphones intelligents.
- En troisième lieu, il serait intéressant de compléter les codes des différents opérateurs, les tester, puis de passer à l'étape du développement d'applications mobiles de jeux pouvant exploiter le WSCS. Le projet GéoÉduc3D concentre déjà plusieurs efforts sur la conception et l'implantation de jeux éducatifs pour téléphones intelligents mais il faudra viser l'intégration effective de la partie concernant l'interrogation du service Web et l'adaptation au contexte. Le scénario et le prototype du jeu EcoSquare proposés dans cette maitrise peuvent être repris afin de capitaliser sur les aspects d'exploitation du contexte spatial (cas d'utilisation) et du service web.
- Finalement, afin de valider pleinement nos propositions, il sera nécessaire de faire un sondage auprès des utilisateurs du groupe de

recherche du projet GéoÉduc3D afin d'améliorer le modèle descriptif du contexte spatial. Il pourrait ainsi donner leurs avis sur les différentes catégories et leurs utilités suivant leurs expériences personnelles. A côté de ce sondage, il serait également nécessaire de mettre en lien une des applications de jeux développées par le projet et notre proposition de WSCS.

Bibliographie

Abowd, G.D., Atkeson, G.C., Hong, J., Long, S. Kooper, R., Pinkerton, M. , (1997). Cyberguide: A mobile context-aware tour guide, Wireless Networks, Volume 3, Number 5, October 1997, pp 421-433.

Akcay, O. et Altan, O., (2007). « Ontology for context-aware visualization of spatial data in mobile devices" ». Proceedings of the Joint Workshop Visualization and Exploration of Geospatial Data XXXVI-4/W45, Stuttgart, Germany.

Azuma, R., Baillot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., et MacIntyre, B., (2001). Recent advances in augmented reality. IEEE Computer Graphics and Applications, 21(6):34–47.

Badard, T. et Hubert F., (2009). Référence du cours de Badard, T. Sur les services web http://geosoa.scg.ulaval.ca/wiki/doku.php?id=semaine10_publication_de_donnees_spatiales_dans_internet, Université Laval

Baldauf, M., Dustdar, S., et Rosenberg, F., (2007). A survey on context-aware systems. International Journal of Ad Hoc and Ubiquitous Computing, 2 4, pp. 263–277.

Barma, S., Power, T.M. et Daniel, S., (2010). Pertinence du jeu sérieux mobile en Science et technologie au secondaire et intégration de la réalité augmentée. Loading: Association Canadienne d'Études Vidéoludiques/Canadian game Studies Association, 5(9).

Benazzouz, Y., Beaune, P., Ramaparany, F., et Boissier, O., (2010). Modeling and Storage of Context Data for Service Adaptation. Enabling Context-Aware Web Services: Methods, Architectures, and Technologies, 469-493.

Brown P. J., Bovey, J. D. et Chen, X., (1997). Context-aware applications: From the laboratory to the marketplace. IEEE Personal communications, 4(5), 58-64.

Cai, G. et Xue, Y., (2006). Activity-oriented Context-aware Adaptation Assisting Mobile Geo-spatial Activities, Proceedings of the 11th international conference on Intelligent user interfaces, Sydney, Australia, 354-356.

Chaari, T., Laforest, F., et Flory, A., (2005). « Adaptation des applications au contexte en utilisant les services WEB ». Proceedings of ConferenceUbiMob'05, Grenoble, France, pp. 111-118.

Chen, H., Finin, T., Joshi, A., (2003). An Intelligent Broker for Context-Aware Systems. Adjunct Proc. of Ubicomp, pp. 183–184, October 2003.

Cheverst, K., Davies, N., Mitchell, K., Friday, A., et Efstratiou, C., (2000). Developing a Context-aware Electronic Tourist Guide: Some Issues and Experiences. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (The Hague, The Netherlands). CHI'00. ACM Press.

Coutaz, J., Crowley, J.L., Dobson, S., et Garlan, D., (2005). CONTEXT is KEY. Communications of the ACM, 48(3):49–53.

Dey, A., et Abowd, G.D., (2001). A Conceptual Framework and a Toolkit for Supporting the Rapid Prototyping of Context-Aware Applications. *Human-Computer Interaction*, *16*, 97-166.

Dey A.K. (1998). Context-aware computing: The Cyber Desk project. Proceedings of the AAAI 1998 Spring Symposium on Intelligent Environments, 51-54. Menlo Park, CA: AAAI Press.

Dey A.K. (2000). Providing Architectural Support for Building Context-Aware Applications. Unpublished PhD Thesis, Georgia Institute of Technology.

Duda, I., Aleksy, M., et Butter, T., (2005). Architectures for Mobile Device Integration into Service-Oriented Architectures, In: Fourth International Conference on Mobile Business (ICMB2005), pp 193-198, Sydney.

Edoh-Alove, E., Hubert, F., et Badard, Th., (2010). « Vers la conception d'un

service Web de contexte spatial dédié aux téléphones intelligents dans le cadre de jeux éducatifs interactifs. » *dans SAGEO 2010, Outils, Méthodes et Modèles en Géomatique pour la production de connaissances sur les territoires et le paysage (CD-ROM),* Toulouse, France.

Euzenat, J., Pierson, J., et Ramparany, F., (2008). « Dynamic context management for pervasive applications. » The Knowledge Engineering Review, Volume 23 Issue 1, Cambridge University Press New York, USA, pp 21-49.

Fahy, P., et Clarke, S. (2004). CASS - middleware for mobile context-aware applications. In Proc. Mobisys 2004 Workshop on Context Awareness.

Filho, J.B. et Martin, H., (2008). QACBAC : an owner-centric QoC-aware context-based access control model for pervasive environments, Proceedings of the SIGSPATIAL ACM GIS 2008 International Workshop on Security and Privacy and LBS, Irvine, California, pp 30-38.

Frank, C., (2003).An Egocentric Spatial Data Model for Intelligent Mobile Geographic Information Systems, Department of Spatial Information Science and Engineering, Master's Thesis. University of Maine, Orono, Maine, USA.

George, S. et Lekira, A.S. (2009) MeCoCO : A Context-Aware System for Mediated Communications, International Journal of Interactive Mobile Technologies (iJIM), Volume 3, Issue 3, DOI: 10.3991/ijim.v3i3.748, pp 26-33 .

Tao, G., Hung K. P., Da Q.Z., (2005). A service-oriented middleware for building context-aware services, Journal of Network and Computer Applications, v.28 n.1, p.1-18, January 2005.

Hinze, A., et Buchanan, G., (2005). Context-awareness in Mobile Tourist Information Systems: Challenges for User Interaction, *in* 'Proc. Workshop on Context in Mobile HCI, in conjunction with Mobile HCI', Salzburg, Austria.

Hofer T., Schwinger W., Pichler M., Leonhartsberger G., et Altmann J. (2003). Context-Awareness on Mobile Devices- the Hydrogen Approach. *Proceedings of the*

36th Hawaii International Conference on System Sciences (p. 292-302).

Höllerer, T., Feiner, S., Hallaway, D., Bella, B., Lanzagortab, M., Brown, D., Julier, S., Baillot, Y., et Rosenblum, L., (2001). User interface management techniques for collaborative mobile augmented reality, IEEE Computer Graphics and Applications, vol. 25, issue 5, pp.799-810.

Hong, S., (2008) Ubiquitous Geographic Information (UBGI) and address standards, ISO Workshop on address standards: Considering the issues related to an international address standard, 25 May 2008, Copenhagen, Denmark, ISBN 978-1-86854-689-3.

Hristova, A. (2003) Conceptualization and Design of a Context-aware Platform for user-centric Applications, Master's Thesis Norwegian University of Science and Technology, Technical University of Madrid.

Hull, R., Neaves, P. et Bedford-Roberts, J. (1997). Towards situated computing, *Proceedings of the First International Symposium on Wearable Computers (ISWC'97). Cambridge, MA, USA (146-153).*

Junglas, I.A. et Watson, R.T., (2008). Location-based services, Communications of the ACM, v.51 n.3, p.65-69, March 2008 [doi>10.1145/1325555.1325568].

Kaenampornpan, M., et O'Neill, E., (2004). An integrated context model: Bringing activity to context. In Proc. Workshop on Advanced Context Modelling, Reasoning and Management.

Laerhoven, K.V., (2001). Combining the self organizing map and k-means clustering for online classification of sensor data, In International Conference on Artificial Neural Networks, pages 464-469.

Lee, J., Seo, D., Rhee, G., (2008). Visualization and interaction of pervasive services using context-aware augmented reality, Expert Systems with Applications, vol. 35, no. 4, pages 1873-1882.

Li, C. et Willis, K., (2006). Modeling Context Aware Interaction for Wayfinding using Mobile Devices, Mobile HCI'06, September 12-15, Helsinki, Finland.

Li, K.-J., (2007). Ubiquitous GIS, Notes de cours, Pusan National University, South Korea http://stem.cs.pusan.ac.kr/UBGIS/UBGIS.html

Lopez-Velasco, C., Carrillo, R.A., Villanova-Oliver M., Gensel J., Martin H., (2006). Sélection de services Web adaptés au contexte d'utilisation, 24° congrès INFORSID 2006, Hammamet, Tunisie, 31 mai – 3 juin.

Meng, L., Zipf, A., et Reichenbacher T., (2005) *Map-based Mobile Services : Theories, Methods ans Implementations*.

Nivala A.-M., et Sarjakoski, T., (2003). Need for Context-Aware Topographic Maps in mobile Devices, In ScanGIS'2003 Proceedings of the 9th Scandinavian Research Conference on Geographical Information Science, June 4-6, Espoo, Espagne.

Open Geospatial Consortium (OGC), (2005). Open location Services 1.1.

Oh, S., et Woo, W., (2009). CAMAR: Context-Aware Mobile Augmented Reality in Smart Space, In Proceedings of IWUVR 2009, pp. 48-51

Papagiannakis, G., Singh, G., Magnenat-Thalmann, N., (2008). "A survey of mobile and wireless technologies for augmented reality systems", Journal of Computer Animation and Virtual Worlds, vol. 19, no. 1, pp. 3-22.

Pascoe J., Ryan, N.S. et Morse, D.R. (1998). Human-Computer-Giraffe Interaction – HCI in the field. Proceedings of the Workshop on Human Computer Interaction with Mobile Devices, Glasgow, Scotland.

Petit, M. (2010). *Approche spatial pour la caractérisation du context d'exécution d'un système d'information ubiquitaire*, Thèse de Doctorat, Ecole Nationale Supérieure d'Arts et Métiers.

Ramanathan, G., (1992). Contexts: A formalization and some applications. PhD

thesis, Stanford, CA, USA.

Repo, P. et Riekki, J., (2004) Middleware Support for Implementing Context-Aware Multimodal User Interfaces, MUM 2004, October 27-29, 2004 College Park, Maryland, USA.

Rodden, T., Cheverst, K., Davies, K. et Dix, A. (1998) Exploiting context in HCI design for mobile systems. In: Proceedings of the Workshop on Human Computer Interaction with Mobile Devices, Glasgow, Scotland, 21-23 May 1998.

Roussaki, I., Strimpakou, M., Kalatzis, N., Anagnostou, M., and Pils, C., (2006) Hybrid context modeling: A location-based scheme using ontologies. In 4th IEEE Conf. on Pervasive Computing and Communications Workshops, pages 2–7.

Ryan, N., Pascoe, J. et Morse, D., (1997). Enhanced reality fieldwork: the context-aware archaeological assistant. *Proceedings of the 25th Anniversary Computer Applications in Archaeology*,

Sampo, T., Marko, H., (2006). About malicious software in smartphones. Journal in Computer Virology, Volume 2, Issue 2, 109-119, Springer Paris.

Schilit, N., Adams, N., et Want, R., (1994). "Context_Aware Computing Applications", In Proceedings of the Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, pp.85-90.

Schilit, B., et Theimer, M., (1994) Disseminating active map information to mobile hosts, IEEE Network, 8(5), 22-32.

Schwinger, W., Grün, C., Pröl, B., Rasinger, J. et Retschitzegger, W., (2008). Context-Awareness in Mobile Tourist Guides, Handbook of research in mobile multimedia, 2nd edition, khalil-Ibrahim Ismail (ed.), IGI Global, USA.

Shin, C., Kim, H., Kang, C., Jang, Y., Choi, A., Woo, W., (2010). Unified Context-aware Augmented Reality Application Framework for User-Driven Tour Guides, In proceedings of the International Symposium on Ubiquitous Virtual reality

2010, pp. 52-55.

Tan, E.M., Foo, S., Goh, D.H. et Theng, Y., (2009) A Model for Classifying and Using Contextual Information for Context-Aware Applications, Electronic journal Aslib Proceedings Volume 61, Issue 6 pp 565-586, Emerald Group Publishing Limited.

Van Setten, M., Pokraev, S., et Koolwaaij, J., (2004). «Context-Aware Recommendations in the Mobile Tourist Application COMPASS. » Hypermedia and Adaptative Web-Based Systems, Lecture Notes in Computer Science, Volume 3137, pages 515-548.

Vickoff, J.P., (2003). *Systèmes d'information et processus agiles*, Collection management et informatique, Hermès.

Ward, A., Jones A., Hopper, A., (1997). A new location technique for the active office. IEEE Personal Communications, 4(5), 42-47.

Yang, H., (2003). Support spatial-awareness: collaborative navigation in a virtual environment. A dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements of the degree of Doctor of Philosophy in the University of Michigan.

Annexe A : Scénario EcoSquare - diagrammes de cas d'utilisation UML

Cette annexe apporte un complément d'information sur le scénario élaboré pour le client EcoSquare. Il s'agit de différents cas d'utilisation UML (Cf. Figure 17, Figure 18, Figure 19) élaborés dans le but de permettre une meilleure compréhension et une manipulation (pour amélioration, mise à jour ou autre) éclairée du scénario.

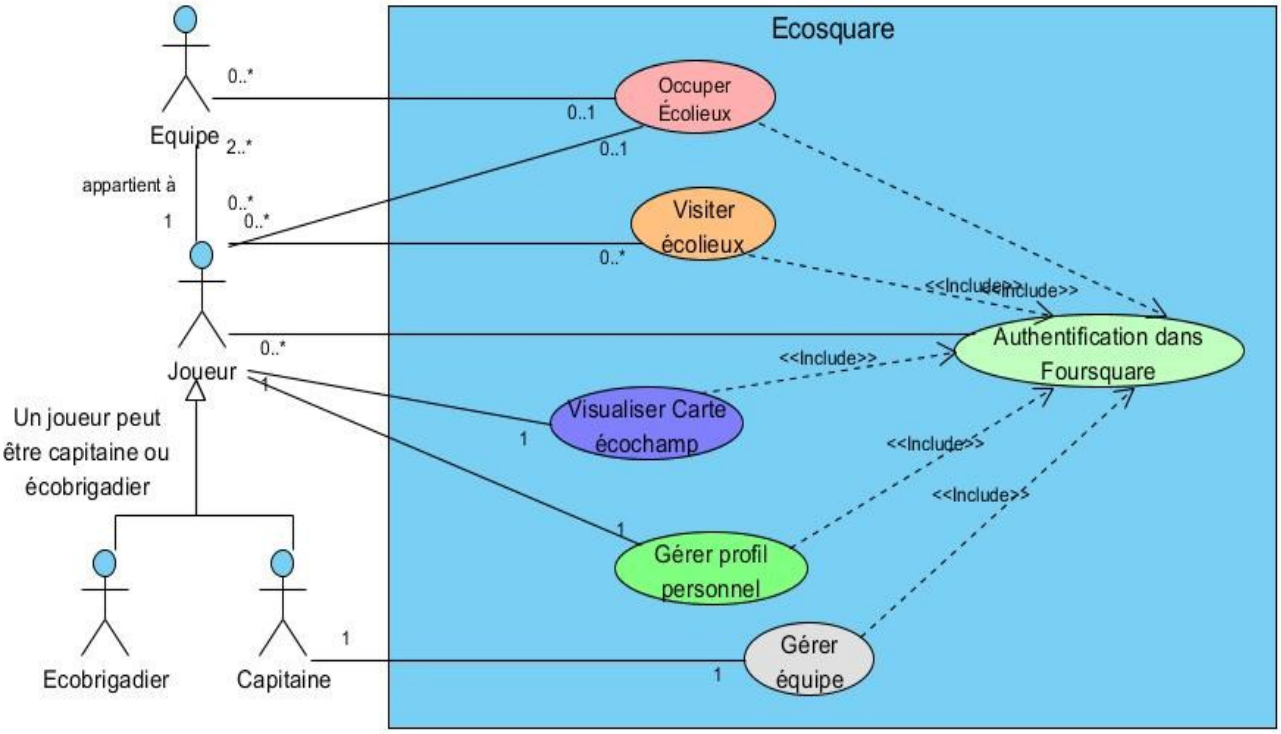


Figure 17 : Cas d'utilisation UML du jeu EcoSquare

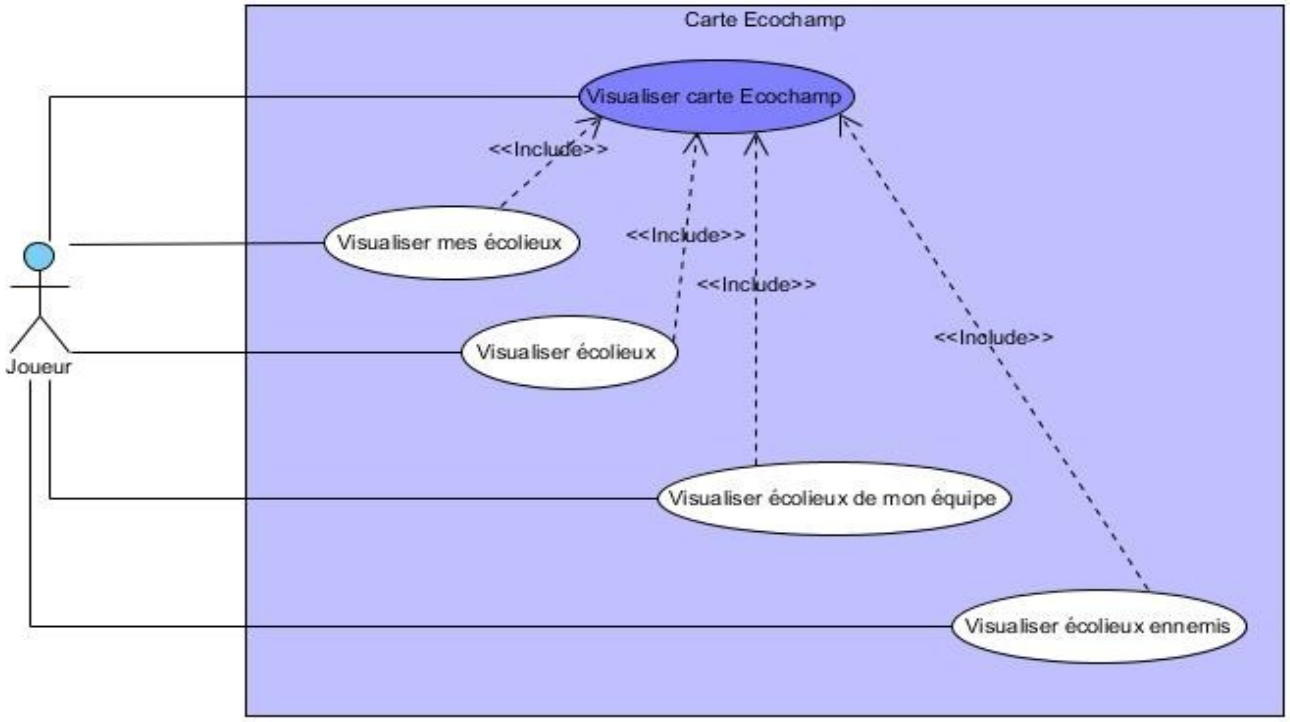


Figure 18 : *Cas d'utilisation UML de la carte EcoChamp*

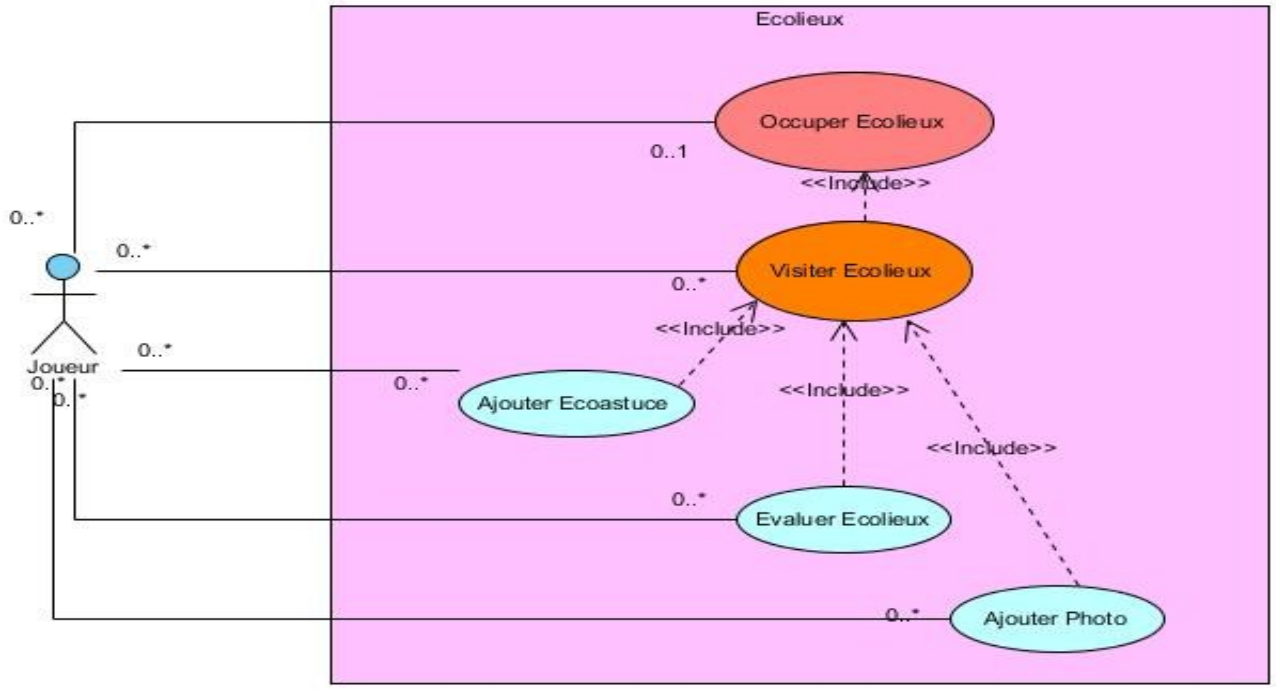


Figure 19 : Cas d'utilisation UML d'Écolieux

Annexe B : Comparaison des outils existants pour le développement d'applications web mobile

Outil	License	Coût	Téléphones intelligents	Langage	Application native	Connaissance particulière
iUI (iPhone User Interface)	New BSD License	Gratuit	iPhone	JavaScript/ HTML/CSS	Oui	Non
jQTouch	MIT License	Gratuit	iPhone, Android, Palm Pre	JavaScript/ HTML/CSS	Oui	Non
Phonegap	MIT License	Gratuit	iPhone, Android, BlackBerry, Symbian, Palm	JavaScript/ HTM/CSS, natif	Non	Non
Rhomobile Rhodes	MIT License	Gratuit	iPhone, Android, RIM, Windows Mobile, Windows phone 7	Ruby/HTML5 natif	Oui	Ruby
Sencha Touch	GNU GPL License v3	Gratuit, support payant	iPhone, Android, BlackBerry	JavaScript/HTML5/CSS3	Non	Non
Titanium (Appcelerator)	Apache License	Commercial, version communauté gratuite	iPhone Android	JavaScript/ HTML/CSS, natif	Oui	Non

Tableau 10: Comparaison des cadres de développement d'application Web mobile