

Les Objets Géographiques Communicants

Sakyoud Zakaria
Faculté des sciences Semlalia
Marrakech – Maroc
Université Nice Sophia Antipolis
Nice - France
sakyoud@i3s.unice.fr

Gaëtan Rey
Université Nice Sophia Antipolis
Nice - France
Gaetan.rey@unice.fr

Eladnani Mohamed
Laboratoire LISI
Faculté des sciences Semlalia
Marrakech - Maroc
md-eladnani@ucam.ac.ma

ABSTRACT

Mark Wesier a pronostiqué un monde où l'informatique disparaît et opère dans l'ombre. La mise en œuvre de cette informatique ambiante passe par l'interconnexion des objets du monde réel, tel que les dispositifs, les capteurs, mais aussi les objets physiques, les systèmes et les êtres humains. Cet article présente une étude de l'application des concepts de l'informatique ambiante au domaine géographique. Pour cela, il introduit un nouveau concept : « l'objet géographique communicant » (OGC). Un objet géographique communicant est le point de convergence entre les objets communicants et les objets géographiques, deux concepts qui relèvent respectivement de l'internet des objets et la modélisation géographique du globe terrestre. À travers ce concept, nous essayons de donner des réponses aux limitations actuelles de la technologie SIG.

Catégories

Informatique

Termes General

Systèmes, modélisation

Mots clés

Informatique ambiante, SIG, Objet géographique, objet communicant

1. INTRODUCTION

L'environnement géographique est un environnement très, voire trop complexe pour être appréhendé dans sa globalité. Quand on veut y traiter un problème, on doit se limiter aux aspects spécifiques à nos préoccupations. Par exemple, une interrogation géographique peut concerner toute une zone géographique, ou les objets géographiques qui existent dans cette zone, ou encore seulement quelques-unes des propriétés particulières de ces objets. La technologie SIG a toujours offert un cadre d'exploitation (stockage, interrogation, etc.) des données géographiques. Elle a permis d'avoir des vues partielles sur l'environnement géographique et ses objets. Ainsi les objets et leurs caractéristiques pertinentes peuvent être distingués.

La technologie SIG rencontre cependant un certain nombre de limitations. D'abord le processus d'acquisition des données géographiques est un processus extrêmement coûteux et c'est la raison pour laquelle ce processus est monopolisé par des organismes de grande taille (ESRI, Google, OGC) et que les mises à jour des données sont plus ou moins fréquentes selon les zones géographiques. D'autre part, la technologie SIG hérite une partie de ses limitations des technologies de localisation telle que l'imprécision des informations de localisation et la disponibilité de couverture. De part les défaillances technologiques, ces limitations sont dues à l'écart qui existe

entre l'environnement géographique et son abstraction. Autrement dit, l'absence d'une représentation parfaite et exacte du globe terrestre entraîne l'imprécision des résultats attendus lors d'une interrogation géographique.

La science en général et l'informatique en particulier ont permis de réduire l'écart entre l'environnement géographique et sa représentation. Ce rapprochement constitue en effet l'histoire du développement de la science géographique, commençant par la carte papier et finissant par la technologie SIG. Notre travail de recherche s'insère dans ce processus de développement et propose un nouveau stade de rapprochement. Le point de départ est l'alignement de l'évolution de la technologie SIG sur l'évolution de l'informatique en général (figure 1). On peut distinguer entre trois générations du SIG dans l'ère de l'informatique : (1) Les SIG de bureau qui étaient destinés à un usage professionnel dans des organismes spécialisés. Ils existent toujours mais ils jouent maintenant le rôle de serveurs géographiques. (2) Les SIG mobiles et les SIG Web qui ont démocratisé l'utilisation de la technologie SIG bénéficiant du développement de l'informatique mobile (Smartphone, ...) et d'internet et qui ont donné naissance à un ensemble de services basés sur la localisation (LBS: location based services). (3) Dans la nouvelle ère de l'informatique ambiante, les SIG opéreront en symbiose avec leur environnement. Notre travail de recherche se situe dans cette dernière catégorie et propose le concept de l'objet géographique communicant (OGC).

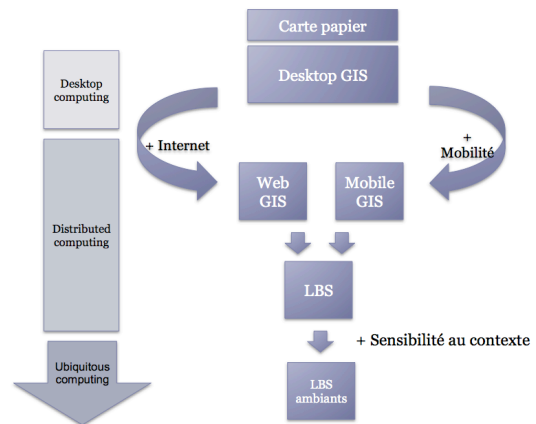


Figure 1: Evolution de la technologie SIG dans les 3 ères de l'informatique distinguées par Mark Weiser

Le concept de l'objet géographique communicant est inspiré de la vision Mark Weiser [1]. L'un des aspects fondamentaux de cette vision est l'instrumentation du monde réel par des dispositifs communicants. Cette instrumentation constitue une opportunité pour repenser les interactions entre l'homme et son environnement d'une part et entre les éléments de cet environnement d'autre part. Dans cette perspective, le concept de l'objet géographique communicant consiste à doter les objets

géographiques de capacités d'échanges et de communication avec leurs environnements physiques et numériques. Les objets géographiques communicants donneront lieu à de nouvelles formes d'interaction avec l'environnement géographique et ils permettront de répondre aux limitations de la technologie SIG.

Cet article, après une présentation d'un scénario illustrant les limitations actuelles que nous allons adresser, introduira en détail le concept de l'objet géographique communicant OGC. Puis nous présenterons comment l'OGC répond aux limitations identifiées via scénario. Et après une présentation de l'architecture globale d'un système à base d'OGC, nous positionnerons nos travaux en fonction des travaux du domaine avant de conclure.

2. SCENARIO DE MOTIVATION

Comme nous l'avons cité dans l'introduction, la technologie SIG connaît quelques limitations. Avant de présenter la réponse des OGC à ces limitations, illustrons le problème au travers d'un scénario. Celui-ci illustre la visite de Dominique, un touriste français âgé de 50 ans passionné par l'histoire et la culture des pays qu'il visite. Dominique arrive pour la première fois dans la ville de Marrakech et il utilise un SIG Mobile (SIGM) comme assistant.

2.1 Limitations liées aux technologies de localisation

Gourmand, Dominique souhaite déguster les spécialités gastronomiques locales. Pour cela, il interroge donc son SIGM afin d'obtenir la liste des restaurants les plus proches. Après avoir choisi un des restaurants proposés, le système lui affiche l'itinéraire vers ce restaurant et l'assistant de navigation le guide pour y arriver.

L'itinéraire prévu passant par les petites ruelles de l'ancienne médina, la couverture GPS s'en trouve réduite. Cela oblige Dominique à abandonner son système de navigation et à demander son itinéraire aux passants qu'il croise.

Ce cas d'utilisation illustre l'un des défis les plus importants de la technologie SIG, qui est la location. Ce défi est principalement lié aux limitations des systèmes de positionnement par satellites tel que GPS, GLONASS, GALILEO qui ne fonctionnent pas à l'intérieur des bâtiments, des tunnels, ni dans les lieux de forte densité urbaine (vieux villages avec de petites ruelles ou grands centres d'affaires avec de hauts buildings). D'autres technologies de localisation ont également ce problème de couverture géographique.

2.2 Limitations liées à l'accès aux données par proximité

Dominique arrive enfin à proximité du restaurant choisi. Avant d'entrer, il souhaite consulter une dernière fois le menu, ainsi qu'avoir une idée sur la popularité de ce restaurant. Pour cela, il essaye de consulter un service web distant pour avoir les informations recherchées. Malheureusement la connexion internet n'est pas disponible, Dominique abandonne donc son SIGM et essaye de se renseigner d'une autre manière.

Ce cas d'utilisation illustre le problème du filtrage et fourniture des données géographiques par proximité. Pour un utilisateur mobile, une requête spatiale porte souvent sur les objets géographiques de son entourage. Cependant pour avoir des informations et des services en relation avec ces objets,

l'utilisateur doit consulter des serveurs distants. De par les éventuels problèmes de connexions à ces serveurs, le résultat de la requête spatiale peut être loin de l'intérêt de l'utilisateur. Les systèmes sensibles au contexte proposent une solution dans ce sens en prenant en compte le profil de l'utilisateur. Mais cette approche connaît plusieurs limites telles que l'extraction et la formulation de ce profil.

2.3 Limitations liées à la mise à jour des données géographiques

Après un bon repas, Dominique souhaite retourner à son hôtel. Pour cela il consulte une nouvelle fois son SIGM pour trouver un chemin rapide. Le système lui propose l'itinéraire le plus court. Cet itinéraire passe par l'avenue Mohamed VI. Malheureusement, ce que le système ignore, c'est que cette avenue est bloquée par des barrières, en raison du festival du cinéma de Marrakech. Dominique découvre cette information au moment où les barrières lui bloquent la route. Même si son SIGM lui permet de trouver un autre itinéraire jusqu'à l'hôtel, s'il avait eu l'information plus tôt, cela lui aurait évité de faire un très long détour.

Ce cas d'utilisation reflète le problème de mise à jour des données géographiques, qui est une étape indispensable dans le cycle de vie du SIG. Ce problème est dû aux événements naturels et artificiels, qui changent la géographie du globe terrestre en permanence. Ces changements deviennent de plus en plus fréquents en raison de la croissance démographique et du développement rapide des zones urbaines. Les fournisseurs de données géographiques sont donc obligés à mettre à jour leurs bases de données ainsi que toutes les applications associées de façon continue. Toutefois, la fréquence par laquelle le globe terrestre change, dépasse la fréquence de mise à jour des données géographiques. Ce qui impose de nouvelle approche de mise à jour des données géographiques.

Les cas d'utilisation précédents présentent quelques-unes des motivations de notre travail de recherche. Les parties suivantes de cet article présentent le concept de l'OGC, et comment ce concept contribue pour donner des solutions aux limitations identifiées.

3. L'OBJETS GEOGRAPHIQUE COMMUNICANT

L'objet géographique communicant est né d'une intersection entre le concept de l'objet communicant et le concept de l'objet géographique. Cette fusion a pour but de mettre en relation le concept de l'informatique ambiante et le domaine géographique.

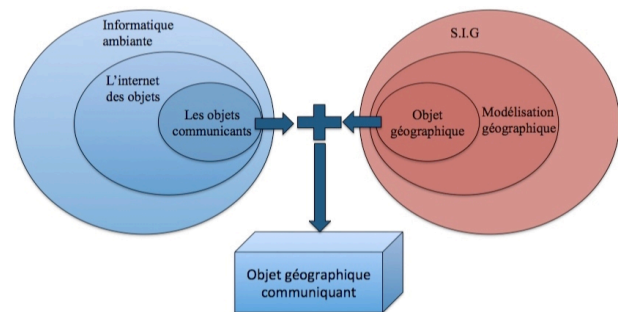


Figure 2 : le concept de l'OGC est une intersection entre les objets géographiques issus de la modélisation géographique

du monde réel et les objets communicants issus de l'internet des objets

Il existe un nombre important de définitions pour les objets communicants [3][4][5], ainsi que pour les objets géographiques [6][7][8]. Sur la base de ces définitions, nous présentons notre perception des deux concepts pour proposer à la fin de cette partie l'architecture conceptuelle d'un objet géographique communicant.

3.1 L'objet géographique

Un objet géographique est un objet situé dans l'espace ayant des limites bien définies et des propriétés tel que le nom et le type [10]. Un objet géographique n'est pas seulement situé dans l'espace, mais il est lié intrinsèquement à cet espace, vu qu'il hérite forcément de sa structure et de ses propriétés géométriques, topologiques et météorologiques. [11].

D'une manière générale un objet géographique est l'abstraction d'une donnée spatiale. Une donnée spatiale comprend les informations géométriques, ainsi que des informations thématiques [10]. Les données géométriques décrivent la position et la forme d'une entité géographique selon un système de coordonnées de référence. Les données thématiques décrivent les attributs d'une entité géographique, à l'exclusion de sa forme et sa position.

Vu la diversité et la complexité des entités géographiques qui existe dans l'environnement, il est difficile de trouver une définition standard de l'objet géographique. Par exemple, la notion d'objet géographique chez un groupe de recherche en géologie n'est pas la même notion pour un service de conservation foncière. Donc pour chaque champ disciplinaire, une définition de l'objet géographique doit être faite de façon à inclure les spécificités liées à ce champ disciplinaire, cette définition doit encore respecter un système de référence précis, car la définition de l'objet géographique peut varier selon le niveau de détails dans le même champ disciplinaire. Le niveau de détails ici est similaire à la notion d'échelle dans une carte papier.

Dans notre travail de recherche, nous nous intéressons aux objets géographiques d'une zone urbaine. D'un point de vue géométrique, les objets géographiques d'une zone urbaine peuvent être classifiés en objets simples et objets complexes. Il existe quatre objets simples qui sont en effet les composantes primitives des objets complexes, le point (Ex : vanne), la ligne (Ex : une route), le polygone (Ex : frontière d'un quartier) et le solide (Ex : immeuble). Ces objets simples peuvent être combinés pour former des composantes complexes (Ex : un quartier) [14].

De point de vue thématique la classification d'une zone urbaine inclut la définition de classes thématiques (immeubles, ponds, fourniture urbaine, etc.) et leurs relations [15]. Cette classification est à l'origine des types d'objets reconnus par les individus ou déterminés par les autorités.

En plus des données géographiques et thématiques qui font partie de la description géographique, nous distinguons un troisième type de donnée que nous appelons les services attachés. En effet un objet géographique dans une zone urbaine peut être un local d'une activité commercial, administratif, signalétique, etc. Un ensemble de services sont donc liés à l'objet géographique. Contrairement aux données géométriques et thématiques qui renseignent des informations statiques sur

l'objet, les informations fournies par services attachés sont issus de l'activité ou le comportement de l'objet géographique. À titre d'exemple, les services attachés à un hôtel seront la disponibilité des chambres, les tarifs, les promotions, les activités de divertissement, etc.

Donc, pour une zone urbaine, un objet géographique est une entité spatiale simple ou complexe caractérisée par un ensemble de données géométriques et thématiques ainsi que des services attachés. Les données géométriques renseignent la position, la forme et l'étendu. Les données thématiques reflètent le type, la classification et la relation avec les autres entités spatiales. Et les services attachés renseignent des informations issues de l'activité de l'objet géographique.

3.2 L'objet communicant

Dans la nouvelle ère de l'informatique ambiante la plupart des objets qui nous entourent seront d'une manière ou d'une autre connectés à un réseau. Ils seront ainsi connectés grâce au développement des technologies de connexion sans fil. Le terme objet communicant (ou objet connecté) désigne un objet réel augmenté par des capacités technologiques qui lui permet de communiquer et d'échanger avec son environnement. Grâce à cette réalité augmentée [27], l'objet communicant peut récupérer, stocker, transférer et traiter sans discontinuité les données entre le monde physique et le monde numérique.

Le groupe de recherche Things That Think (TTT) [24] est parmi les premiers groupes à avoir travaillé sur les objets communicants. Le projet TTT avait pour objectif l'intégration de l'informatique dans l'environnement ainsi que dans les objets quotidiens. Et depuis, plusieurs travaux ont été menés pour enrichir le concept, et pour le mettre en œuvre grâce aux progrès des technologies de la microélectronique et des réseaux de capteurs.

Pratiquement, la mise en œuvre des objets communicants consiste à doter les objets du monde réel de fonctions supplémentaires par rapport à celles auxquelles ils étaient destinés. Cela passe par l'embarquement de dispositifs et de capteurs d'une part et le déploiement de couches logicielles qui permettent d'interpréter les données collectées d'une autre part [28]. Cette instrumentation matérielle/logicielle permet aux objets communicants d'interpréter et de réagir à leur environnement.

Pour augmenter le fonctionnement d'un objet du monde réel, Karimi et Atkinson [9] proposent les 5 éléments suivants :

1. Des habiletés de capture et de collecte de données (nœud de capture) :
2. Des habiletés de traitement local intégré (nœud de traitement)
3. Des capacités de communication câblée et sans fil (nœud de connectivité)
4. Des couches logicielles pour automatiser les tâches et permettre de nouvelles classes de services
5. Des capacités de traitement distantes (Réseaux/Cloud)

Sur la base de ces éléments, ainsi que la présentation de l'objet géographique et l'objet communicant, la partie suivante définit l'objet géographique communicant et en présente une architecture conceptuelle.

3.3 L'objet géographique communicant

D'une part, nous avons défini l'objet géographique d'une zone urbaine comme étant une entité spatiale caractérisée par des données géométriques, des données thématiques et des services attachés. D'une autre part, nous avons précisé qu'un objet communicant est un objet du monde réel doté de capacités de capture et de traitement, ainsi que de technologies de connexion, nous avons aussi souligné que ces capacités permettent d'étendre le fonctionnement de l'objet réel. Le croisement de tout ce qui précède permet de définir un objet géographique communicant comme étant :

Une entité spatiale dotée de capacités de capture et de traitement interne, capable de communiquer sa description (données géographiques, données thématiques et services attachés) à travers des nœuds de connexion et qui reçoit dans l'autre sens des informations depuis l'environnement pour mettre à jour cette description.

4. ARCHITECTURE

L'architecture suivante (figure 3) illustre d'une manière détaillée les composantes de l'objet géographique communicant, ainsi que les interactions avec l'environnement, que nous avons classé en interactions de proximité et les interactions distantes

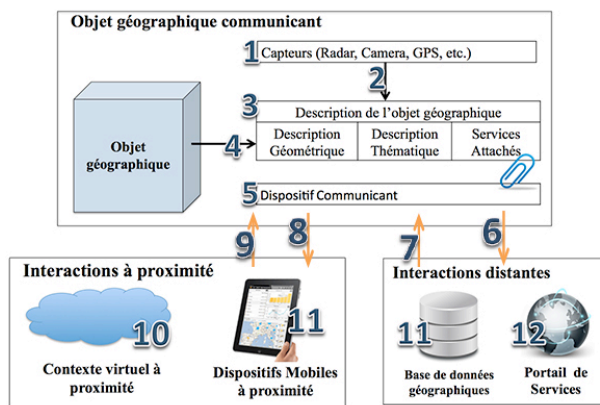


Figure 3 : Architecture et composantes de base d'un objet géographique communicant

L'objet géographique communicant englobe l'objet géographique et les composantes matérielles et logicielles qui permettent d'instrumenter cet objet géographique pour qu'il puisse communiquer avec son environnement. Des capteurs attachés à l'objet géographique sont à la tête de ces composantes (1). Ils coopèrent pour déterminer l'état de cet objet (localisation, température, mouvement, etc.). Ils constituent la première brique dans le pont entre le monde physique et le monde numérique. Les capteurs sont mis en relation avec la description de l'objet géographique (2) à travers des couches logicielles et ils alimentent cette description d'une manière continue par des données qui reflètent l'état de l'objet géographique.

Comme on a cité avant la description de l'objet géographique (3) contient des données géométriques, des données thématiques, et des services attachés. Pour pouvoir communiquer cette description, le concept de l'objet géographique communicant est mis en place. Il sera mis en place

à travers un dispositif intelligent attaché à l'objet géographique (5), ce dispositif intelligent joue le rôle d'émetteur-récepteur et il supporte les technologies de communication sans fil à proximité au même titre que les technologies classiques de communication.

Interactions à proximité

Nous distinguons deux types d'interactions avec l'environnement à proximité. Premièrement des interactions avec les dispositifs mobiles à proximité (11) telles que les smartphones. Grâce aux connexions sans fil, les systèmes de ces dispositifs (ex : un assistant de navigation) peuvent consulter et extraire la description de l'objet géographique. Ainsi l'objet géographique communicant est une source d'information alternative à l'image de post-it contextuel, contrairement à la description de l'objet géographique, ces notes contiennent des informations issues des anciennes interactions avec des dispositifs mobiles. Le contenu de ces notes peut être par exemple les services les plus interrogés de l'OGC.

Interactions distantes

Les Interaction distantes reflètent les échanges entre l'OGC et les serveurs distants. Dans un sens (9), les serveurs distants envoient des informations et des services qui mettent à jour des entrées de la description de l'OGC. Les interactions distantes permettent à l'objet géographique communicant d'être au courant des changements distants qui lui concernent. Par exemple, la division territoriale est une information déterminée par les autorités locales. Grâce aux interactions distantes, un serveur géographique met à jour l'entrée correspondante à la division territoriale dans la description de l'OGC.

Dans un autre sens l'objet géographique communicant fournit des informations aux serveurs distants, ces informations sont communiquées d'une manière permanente et continue. Cela permet une mise à jour instantanée des serveurs distants.

Cette architecture conceptuelle donne les grandes lignes de notre approche, ainsi qu'un minimum de composantes indispensable pour la mise en œuvre d'un objet géographique communicant. Dans ce qui suit nous présentons en détail l'apport des objets géographiques communicants.

5. APPORT DES OBJETS GEOGRAPHIQUES COMMUNICANTS

Dans le scénario de motivation, nous avons identifié 3 cas d'utilisation où la technologie SIG montre ses limites. Nous revenons sur ce scénario pour illustrer l'apport des OGC. Il s'agit de nouvelles formes d'interaction entre l'environnement géographique et le SIGM qui répondent aux limites identifiées :

5.1 Réponse aux limitations liées aux technologies de localisation

En réponse à cette limitation le concept de l'objet géographique communicant n'est pas une alternative absolue, mais une solution qui s'ajoute pour perfectionner le positionnement. En effet un OGC peut contribuer à l'amélioration de la localisation,

et en cas d'absence ou non disponibilité d'une solution de positionnement par satellites, il peut être une solution indépendante.

En effet l'OGC partage des informations relatives à sa localisation. Les systèmes et les applications peuvent donc bénéficier de ces informations de localisation soit pour perfectionner un positionnement donné par un système de positionnement par satellites, soit pour avoir une localisation initiale. Dans ce dernier cas on peut faire appel à un mécanisme semblable à celui utilisé par les satellites, un ensemble d'OGC peuvent trianguler la position. Cela a fait objet de plusieurs travaux de recherche mais dans les environnements intérieurs [29].

D'autre part, la localisation à travers l'objet géographique communicant est une alternative plus fiable vue que les technologies de communication des objets communicants sont des technologies relativement sûrs pour les connexions à proximité, en plus il y a une diversité des OGC ce qui garantit la continuité et la disponibilité permanente de l'information de localisation.

Notre scénario de motivation peut être étendu de la manière suivante : « le SIGM de Dominique reconnaît l'absence de la couverture GPS et commence à écouter les objets géographiques communicants à proximité. L'hôtel du trésor fournit sa localisation au SIGM, le système de navigation reprend son fonctionnement et il consulte les objets géographiques communicants à proximité pour mettre à jour l'information de localisation.»

5.2 Réponse aux limitations liées à l'accès aux données par proximité

Les objets géographiques communicants permettront une nouvelle approche de stockage de données. Au lieu d'être exclusivement centralisé dans des serveurs, les données seront aussi stockées dans les objets de l'environnement ambiant. Ce stockage ambiant des données donne lieu à une nouvelle approche de filtrage des données par proximité. En effet quand un utilisateur mobile s'arrête près d'un objet OGC, cela veut dire que cet objet est intéressant pour lui, donc d'une façon indirecte le profil éventuel de l'utilisateur peut être déterminé grâce à la description de l'OGC. D'autre part, les objets géographiques communicants, peuvent même renseigner l'état ou le besoin d'un utilisateur mobile, car un touriste qui s'arrête 3 fois devant des restaurants à probablement faim et cherche à se restaurer. De ce fait les OGC présentent un appui pour les systèmes sensibles au contexte. En utilisant la proximité comme paramètre contextuel, ils peuvent fournir des informations sensibles au profil de l'utilisateur sans passer par une gestion du contexte. De façon générale, l'interrogation d'un OGC permet un filtrage implicite des données, notamment un filtrage selon le profil et l'intérêt des utilisateurs.

Le scénario de motivation peut être étendu de la façon suivante : « Dominique souhaite consulter une dernière fois le menu, ainsi que la popularité du restaurant, mais la connexion internet n'est pas disponible. Etant un objet géographique communicant le restaurant partage un service e-menu alimenté directement par le système de gestion du restaurant, ainsi qu'un service de classement à travers lequel les visiteurs donnent une note au restaurant. Dominique consulte donc ces informations grâce à une connexion à proximité. Etant convaincu, il prend son repas dans le restaurant »

5.3 Réponse aux limitations liées à la mise à jour des données géographiques

Les interactions distantes d'un objet géographique communicant lui permettent de communiquer régulièrement sa description. Chaque changement dans les propriétés géographiques, sera détecté par les capteurs, signalé dans la description et transmis aux bases de données géographiques. De la même façon, une mise à jour locale des services attachés entraîne l'envoi de nouvelles informations pour mettre à jour les portails de services distants. Les objets géographiques communicants contribuent donc à la mise à jour permanente et automatisée des bases de données géographiques ainsi que les portails de services. Ce qui garantit une validité relativement permanente des données géographiques et des services.

Le scénario de motivation dans ce cas sera étendu de la façon suivante : « de retour à l'Hôtel Dominique consulte son SIGM pour trouver le chemin correspondant, l'itinéraire le plus court passe par l'avenue Mohamed VI, cette avenue est bloquée par des barrières en raison du festival du film de Marrakech. Étant des objets géographiques communicants les barrières envoient leurs positions aux serveurs géographiques. Les serveurs géographiques reçoivent la position des barrières et déclarent l'avenue Mohamed VI une impasse. Donc le SIGM prend en compte cette information et propose à un itinéraire traversant l'avenue Hivernage qui est parallèle ».

6. TRAVAUX CONNEXES

Appartenant à différents champs disciplinaires, les travaux étudiés dans la littérature essayent tous de rendre les interactions avec l'environnement géographique plus intelligentes. Le point commun entre ces travaux est l'application de l'informatique ambiante au domaine géographique. Mais cela n'a pas empêché des interprétations diverses de cette application. Dans des travaux [23][16][17], l'application de l'informatique ambiante au domaine géographique a été limitée à l'accès mobile aux applications SIG. En plus de la mobilité, d'autres travaux [18][19][20] ont rajouté la sensibilité au contexte pour personnaliser les résultats des interrogations géographiques.

Les travaux connexes que nous présentons dans cette partie se situent dans une troisième catégorie. Il s'agit de travaux de recherche qui introduisent la notion d'environnement géographique instrumenté. Et qui proposent de nouvelles formes d'interaction avec cet environnement. À la fin de cette présentation nous discutons les similitudes et les différences de ces travaux connexes par rapport à notre travail.

Le premier travail [21] propose un framework interactif qui intègre la technologie RFID et la technologie SIG pour acquérir et gérer des informations temps réel sur les déplacements des pèlerins. Les informations sont capturées et stockées à fin d'extraire la vitesse moyenne et le temps des voyages des bus. Ce travail met en œuvre un système RFID composé de tags RFID intégrés dans les véhicules qui transportent les pèlerins, et des lecteurs RFID installés dans des emplacements précis de chaque parcours. Les données collectées par les lecteurs RFID sont envoyées via Wifi à des serveurs dédiés pour les analyser et les archiver. Ces données seront par la suite présentées dans des applications SIG tel que les cartes interactives, et elles seront utilisées pour optimiser les prochaines planifications du trafic routier.

Le deuxième travail de recherche fait partie du projet UCPNAVI de l'université de technologie de vienne [22]. Ce projet étudie la

capacité d'un environnement intelligent à fournir des informations basées sur la localisation. Il étudie aussi comment ces informations, notamment la localisation, peuvent compléter ou remplacer les techniques de localisation traditionnelle. Pour expérimenter le positionnement dans les environnements ambiants, les auteurs ont analysé les capteurs et les méthodes de localisation appropriés. Cette analyse a testé la pertinence, la fiabilité et la précision de ces capteurs et méthodes. Par la suite l'enquête s'est concentrée sur l'évaluation du positionnement RFID en combinaison avec les réseaux sans fil et la navigation à l'estime dans les environnements intérieurs. Dans les environnements extérieurs, une intégration RFID/GNSS/DR est étudiée pour déterminer la position. Le travail envisage en perspective un modèle de fusion multicapteurs ainsi que le développement d'un logiciel pour la mise en œuvre et la validation du modèle proposé.

Le troisième travail [25] concerne un système ambiant qui permet une inspection efficace des infrastructures routières. L'architecture proposée intègre la technologie RFID et les systèmes d'informations géographiques SIG. Elle repose sur quatre éléments, (1) l'embarquement de tags RFID dans les infrastructures routières (2) des téléphones mobiles intégrant des lecteurs RFID (3) un Framework pour l'intégration des applications RFID et les SIG ITAG que les auteurs ont appelé ITAG pour Integration server of e-Tag Application and GIS, (4) une base de données pour stocker les données de l'inspection et les photographies des sites. Les types d'infrastructure routières définis sont les ponts, les trottoirs, les tunnels et la fourniture routière (feux de signalisation, miroirs de sécurité routière). L'objectif de ce travail est l'inspection de ces d'infrastructure pour lancer des instructions de réparation d'une manière fiable. Pour ce faire, des Tag RFID sont assignés à chaque infrastructure cible, et des lecteurs RFID sont attachés aux téléphones du personnel qui se charge de l'inspection. À chaque mission d'inspection les lecteurs RFID lisent le numéro d'identification des tags RFID, ce numéro est utilisé comme clé de coopération avec le SIG à travers le Framework ITAG. D'une part le personnel peut avoir des informations sur l'infrastructure en question en se référant au SIG via le numéro d'identification. D'autre part les données d'inspection et les photos sont transférées à une base de données géographique via internet. L'administrateur au bureau confirme les données reçues et lance des instructions de réparation en cas de besoin.

Le quatrième et dernier travail [26] propose un système de supervision de l'énergie et des paramètres environnementaux d'un bâtiment. Le système est développé sur la base de capteurs distribués qui communiquent à travers la technologie ZigBee. Les capteurs permettent la collecte et la supervision de différents types de mesures. Deux groupes de capteurs sont proposés, le premier groupe supervise l'énergie à travers des compteurs numériques réguliers. Ces compteurs calculent la consommation de l'énergie, notamment la consommation de l'électricité et du gaz. Le deuxième groupe supervise les paramètres environnementaux. Il s'agit d'un ensemble de capteurs sans fil déployés dans les chambres pour mesurer la température, l'humidité, le bruit, la concentration du CO₂, la qualité de l'air, etc. Le système a été expérimenté sur le campus de l'université de Southeast. Un réseau de capteurs sans fil utilisant la technologie ZigBee a été implanté dans quelques bâtiments du campus. Et un serveur est déployé pour recueillir et stocker les paramètres mesurés. Les nœuds de captures envoient de manière continue les données collectées. Ensuite, les mesures collectées sont intégrées dans une application pour centraliser la

visualisation et la gestion. Le système est intégré avec une application SIG qui est une carte 3D du campus. Cette intégration fournit au superviseur une interface graphique conviviale qui permet un accès facile aux différentes pièces, étages et des bâtiments, du campus.

Le premier et deuxième travail s'appuie sur l'intégration de tags RFID dans des emplacements connus au préalable et en communiquant avec des lecteurs RFID, une localisation instantanée et précise peut être récupérée, ce qui constitue une réponse aux limitations liées aux technologies de localisation. Le deuxième travail propose davantage une combinaison avec les technologies de localisation par satellite pour déterminer la position. Dans notre travail nous proposons une description riche de l'objet géographique qui, au-delà de la localisation décrit la thématique et les services attachés. Donc en plus des problèmes liés à la localisation, nous proposons une analyse et des solutions à d'autres problématiques liées aux interactions avec l'environnement géographique. Tel que la mise à jour et le filtrage des données.

Dans le troisième travail une connexion est établie avec un SIG pour extraire via une identification RFID, cette connexion permet d'extraire des informations concernant les objets géographiques depuis le SIG par des utilisateurs mobile sur le train. Cependant une interruption de la connexion avec le SIG distant entraîne un arrêt total du système. Cela démontre l'avantage du stockage ambiant des informations que nous proposons et qui permet un filtrage et une fourniture à proximité des données. D'autre part, notre approche de mise à jour automatique des données peut présenter un plus pour ce travail. Au lieu que l'administrateur reçoit les données de l'inspection exclusivement depuis les smartphones du personnel qui sont sur le train, les infrastructures routière peuvent être équipées de capteur d'état et à chaque changement, des notifications de réparation se déclenchent pour éviter les inspections aléatoires ou pour lancer des instructions de localisation.

Le quatrième travail étudié, introduit un système qui collecte des données depuis l'environnement géographique à travers un réseau de capteurs variés. Cela rejoint notre approche notamment l'instrumentation riche de l'environnement géographique. Ce travail rejoint aussi notre approche concernant la mise à jour instantanée des données vu que les données collectées par les capteurs sont envoyées automatiquement aux serveurs. Cependant le système proposé se limite à une visualisation desktop des données et ignore l'aspect de la mobilité et l'omniprésence de l'information qui sont le cœur de l'informatique ambiante. D'une autre part le système restreint l'intégration avec le SIG à la visualisation et ne propose aucune forme d'interaction à caractère géographique. Le SIG est en effet utilisé pour accéder à travers une carte numérique 3D à des emplacements de façon visuelle.

A partir de l'analyse et l'évaluation des travaux connexes précédents, nous considérons que notre travail propose:

- Un cadre théorique riche et ouvert pour mettre en œuvre l'informatique ambiante dans le domaine géographique. Ce cadre théorique s'appuie sur le concept de l'objet géographique et le concept de l'objet communicant et sur leur fusion.
- Une conceptualisation indépendante de tout aspect technologique.

- Une prise en charge de la communication et la mise à jour des différentes informations géométriques et thématiques, ainsi que les services liés à un objet géographique.

7. PERSPECTIVES ET TRAVAUX FUTURES

Nous avons présenté, dans ce travail, le concept de l'objet géographique communicant. À travers ce concept nous proposons une application de l'informatique ambiante au domaine géographique. Nous avons aussi présenté l'apport des objets géographiques communicants et illustré comment ils répondent à quelques limitations de la technologie SIG. Enfin nous considérons que l'objet géographique communicant est la brique de base pour un environnement géographique ambiant. Nos travaux futurs vont étudier l'interaction des SIG Mobiles sensibles au contexte avec cet environnement géographique ambiant. Nous allons aussi proposer une mise en œuvre concrète pour démontrer l'apport de notre proposition.

8. REFERENCES

- [1] The computer for the 21st century Mark Weiser Palo Alto Research Center, Xerox, CA scientific American September 1991
- [2] Real virtuality: a step change from virtual reality Alan Chalmers, David Howard, Christopher Moir SCCG '09 Proceedings of the 25th Spring Conference on Computer Graphics Pages 9-16 ACM New York, NY, USA ©2009 table of contents ISBN: 978-1-4503-0769-7
- [3] Kortuem, G., Kawsar, F., Fitton, D., & Sundramoorthy, V. (2010). Smart objects as building blocks for the internet of things. *Internet Computing, IEEE*, 14(1), 44-51.
- [4] Mattern, F., & Floerkemeier, C. (2010). From the Internet of Computers to the Internet of Things. In *From active data management to event-based systems and more* (pp. 242-259). Springer Berlin Heidelberg.
- [5] Evangelos A, K., Nikolaos D, T., & Anthony C, B. (2011). Integrating RFIDs and Smart Objects into a Unified Internet of Things Architecture. *Advances in Internet of Things*, 2011.
- [6] Borges, K. A., Davis, C. A., & Laender, A. H. (2001). OMT-G: an object-oriented data model for geographic applications. *GeoInformatica*, 5(3), 221-260.
- [7] Jacquez, G. M., Maruca, S., & Fortin, M. J. (2000). From fields to objects: a review of geographic boundary analysis. *Journal of Geographical Systems*, 2(3), 221-241.
- [8] Hochmair, H. H., Tonini, F., & Scheffrahn, R. H. (2013). The Role of Geographic Information Systems for Analyzing Infestations and Spread Of Invasive Termites (Isoptera: Rhinotermitidae And Termitidae) in Urban South Florida. *Florida Entomologist*, 96(3), 746-755.
- [9] What the Internet of Things (IoT) Needs to Become a Reality Kaivan Karimi, Gary Atkinson 2013
- [10] GITA - Geographic Information Technology Training - GIS basic concepts Version 5.5 - 2010
- [11] GEOGRAPHIC OBJECTS: THEORY OR TECHNOLOGY DRIVEN-D. N. Pantazisa, E. Lazaroua, P. Stratakisa, H. Gadoloua, A. Koukofikisa, M. Kassolia 28th Urban Data Management Symposium (UDMS 2011), September 28-30, 2011, Delft, The Netherlands
- [12] GIS, Spatial Analysis, and Modeling David - J Maguire, Michael F Goodchild, Michael Batty 2005
- [13] OGC City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard CityGML2.2 2012-04-04
- [14] OGC® Geography Markup Language (GML 3.3.0) — Extended schemas and encoding rules 2012-01-16
- [15] Kolbe, T.H, 2009, Representing and Exchanging 3D City Models with CityGML, 3D Geo-Information Sciences
- [16] A WORKING CONCEPTUAL FRAMEWORK FOR UBIQUITOUS MAPPING Takashi MORITA Department of Civil and Environmental Engineering, Hosei University, Tokyo, JAPAN 2006
- [17] The Road to Ubiquitous Geographic Information Systems Roam Anywhere - Remain Connected Andrew Hunter Presented at SIRC 2000 – The 12th Annual Colloquium of the Spatial Information Research Centre University of Otago, Dunedin, New Zealand December 10-13th 2000
- [18] A FRAMEWORK FOR UBIQUITOUS GEOSPATIAL INFORMATION INTEGRATION ON MOBILE DEVICE USING ORCHESTRATION OF GEOSERVICES International Journal Of UbiComp (IJU), Vol.1, No.3, July 2010 Arindam Dasgupta and S. K. Ghosh School of Information Technology, Indian Institute of Technology, Kharagpur, India
- [19] A framework of spatial co-location pattern mining for ubiquitous GIS Seung Kwan Kim & JeeHyung Lee & Keun Ho Ryu & Ungmo Kim # Springer Science+Business Media, LLC 2012
- [20] SPETA: Social pervasive e-Tourism advisor Angel García-Crespo a,*, Javier Chamizo a, Ismael Rivera b, Myriam Mencke a, Ricardo Colomo-Palacios a, Juan Miguel Gómez-Berbisa
- [21] Integrating RFID and GIS to Support Urban Transportation Management and Planning of Hajj -Nabeel Koshak, Akram Nour- Published in the Proceeding of CUPUM 2013, The 13th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management, July 2-5, 2013, Utrecht, The Netherlands
- [22] UBIQUITOUS POSITIONING SOLUTIONS FOR PEDESTRIAN NAVIGATION - G. Retscher - Institute of Geodesy and Geophysics, Vienna University of Technology, Austria - gretsch@pop.tuwien.ac.at
- [23] A FRAMEWORK FOR UBIQUITOUS GEOSPATIAL INFORMATION INTEGRATION ON MOBILE DEVICE USING ORCHESTRATION OF GEOSERVICES - Arindam Dasgupta and S. K. Ghosh - International Journal Of UbiComp (IJU), Vol.1, No.3, July 2010
- [24] Hawley, M., Poor, R. D., & Tuteja, M. (1997). Things that think. *Personal Technologies*, 1(1), 13-20.
- [25] Fukada, H., Maita, N., & Abe, A. (2008). Proposal and Field Experiment of Road Facility Management Support System by RFID and GIS. In *Innovations and Advanced*

Techniques in Systems, Computing Sciences and Software Engineering (pp. 207-212). Springer Netherlands.

- [26] Kun Qian, Xudong Ma, Changhai Peng, Qing Ju and Mengyuan Xu (2014) A ZigBee-based Building Energy and Environment Monitoring System Integrated with Campus GIS International Journal of Smart Home Vol.8, No.2 (2014), pp.107-114
- [27] Van Krevelen, D. W. F., & Poelman, R. (2010). A survey of augmented reality technologies, applications and limitations. International Journal of Virtual Reality
- [28] Evangelos A, K., Nikolaos D, T., & Anthony C, B. (2011). Integrating RFIDs and Smart Objects into a Unified Internet of Things Architecture. Advances in Internet of Things, 2011.
- [29] Prasithsangaree, P., Krishnamurthy, P., & Chrysanthis, P. K. (2002, September). On indoor position location with wireless LANs. In Personal, Indoor and Mobile Radio Communications, 2002. The 13th IEEE International Symposium on (Vol. 2, pp. 720-724). IEEE.