

État d'avancement des travaux de thèse

Mathieu Petit

30 mai 2008

Table des matières

1	Cadre de référence	1
1.1	Motivations	1
2	Conception d'un système interactif	2
2.1	Cadre de conception étendu	5
2.2	Le modèle à l'exécution : ARCH en contexte	6
2.3	Travaux effectués et en cours	7
2.4	Travaux à valider	7
3	Influence de l'environnement sur les utilisateurs	7
3.1	Contexte multi-utilisateur	8
3.2	Travaux effectués et en cours	8
3.3	Travaux à valider	9
4	collaborations	9
4.1	Équipe IIHM du LIG de Grenoble	9
4.2	Département d'informatique de L'UC de Dublin	10

1 Cadre de référence

Cette thèse est orientée vers le domaine de la conception de systèmes mobiles dans des environnements géographiques. De tels systèmes reposent sur l'utilisation d'informations contextuelles dynamiques pour adapter les données et les outils d'interaction présentés aux utilisateurs. La recherche porte sur l'influence de l'environnement géographique dans l'identification et la caractérisation des mesurables du contexte. Nous proposons une méthode de conception d'un service mobile et distribué en partant d'un environnement pour construire les différents niveaux de contexte qui influencent le comportement du service. En particulier, le niveau géographique constitue un point d'entrée pour la définition de différents contextes système, à partir desquels peuvent être déterminés des groupes d'utilisateurs qui manipulent les mêmes concepts et outils.

1.1 Motivations

Cette recherche a pour but d'établir un modèle de conception d'un système interactif par la détermination d'un ensemble de situations clés qui peuvent in-

fluencer le comportement du système distribué dans un environnement géographique. En particulier, nous étendons le cadre de conception d'un système interactif énoncée dans [4] par une modélisation de l'environnement géographique qui va contraindre ou enrichir le modèle du domaine.

Une seconde motivation provient de la nécessité de définir une ou des catégories d'utilisateurs dès les premières phases d'une conception logicielle. En interagissant avec système dans un environnement géographique, un utilisateur subit les influences d'un contexte dynamique. Celles-ci sont complexes à énumérer et à caractériser lors des phases amont de la conception. Souvent, à l'exécution, les besoins de l'utilisateur se distinguent de l'archetype conceptuel et dépendent d'une situation d'usage subie ou provoquée. La modélisation géographique proposé permet de discrétiser des groupes d'utilisateurs plongés dans un même environnement, et qui vont définir un modèle d'utilisateur par une collaboration implicite à l'exécution [1].

//traditionnellement les sigs Les méthodes de conception de systèmes d'informations géographiques sont traditionnellement centrées sur l'organisation et l'interrogation des données spatiales. MADS[9] ou Perceptory[3], sont des outils généraux où la description de l'architecture physique du SIG et de son environnement d'utilisation n'intervient que lors des étapes finales de la conception (Perceptory), ou alors repose sur des tiers métiers et clients existants (MADS).

La conception de SIGs interactifs dans un environnement dynamique rend nécessaire la prise en compte de l'environnement, de l'architecture, et des contraintes d'utilisation à chaque étape de la conception, depuis l'organisation des données spatiales, jusqu'à l'interface utilisateur.

2 Conception d'un système interactif

Les méthodes de conception de systèmes interactifs répondent en premier lieu à la question "quelle est la tâche de l'utilisateur du système?", puis énoncent les étapes nécessaires à l'accomplissement de cette tâche. Cette description est détaillée au sein d'un document textuel : le scénario nominal (Tab. 1). Il s'agit d'un énoncé informel des besoins des utilisateurs, mis en relation avec les connaissances des experts du domaine et des concepteurs du système. La description du scénario d'utilisation et la modélisation de la tâche s'établissent comme les points d'entrées d'une large majorité des méthodes de conception [2]. En partant de cette spécification, les tâches et les données sont décomposés et modélisés dans une conception descendante :

1. modélisation des concepts sous forme, par exemple, d'un diagramme de classes UML (Fig. 2(a), Fig. 1(c)),
2. décomposition de la tâche en tâches élémentaires (Fig. 2(b), Fig. 1(b)). On se propose d'utiliser la modélisation par arbre de tâche concurrent [7],
3. Conception des tiers métier et donnée : choix de la distribution physique du système (Fig. 1(d)), implémentation du système de gestion de données et du coeur métier (Fig. 1(c)), déploiement sur l'architecture (Fig. 1(f)),
4. Conception du tiers client : corrélation entre les tâches et les données (Fig. 1(g)), décomposition des tâches en unités de dialogue (Fig. 1(h)), puis en actions d'interactions (Fig. 1(i)) et enfin en code d'IHM (Fig. 1(j)).

TAB. 1 – Exemple de scénario nominal

“Pascal is attending the GPEN sailing championship. During the current regatta, crews and ships are not visible to the naked eye. Luckily, Pascal carries a digital personal assistant that allows him to **follow the regatta** in real-time. Especially, he is provided with a map of the regatta region and with cartographic manipulation tools. Racing ships are displayed on the map and their current locations are regularly derived. Manipulation tools allow Pascal to **refine the region** displayed according to his own intentions, or according to the focus of the other users. Pascal may **focus on a specific ship or group of ships**. When focusing on one ship, he is provided with real-time information (location, speed and heading), as well as with static data (year, boat name, racer names and pictures). When several ships are focused on, the system displays a comparison chart of the real-time data. Eventually, when being close enough to the race area, Pascal may **leave a comment**, or **take and share pictures** of the ships with the other users.”

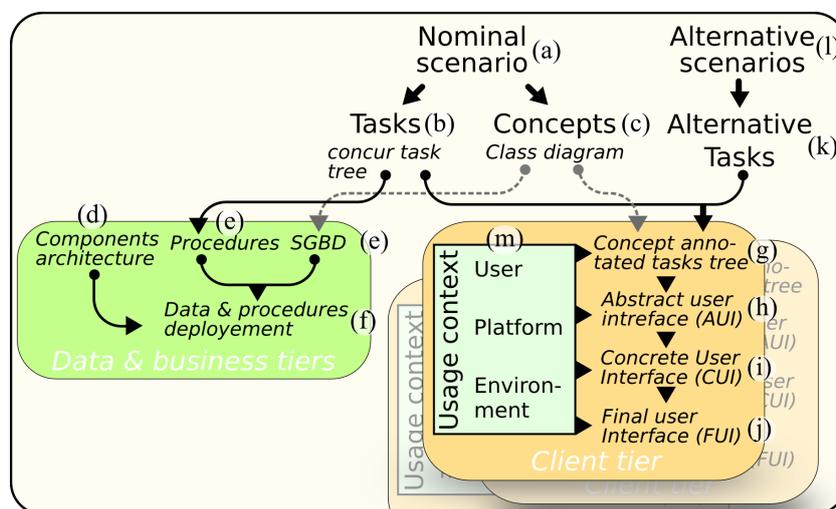
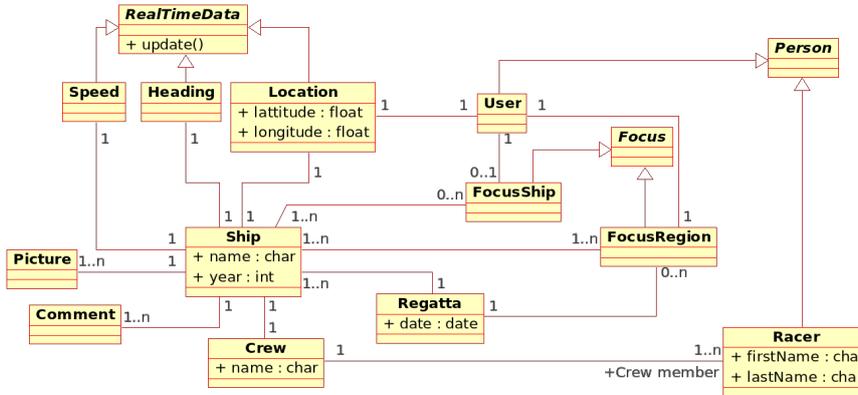


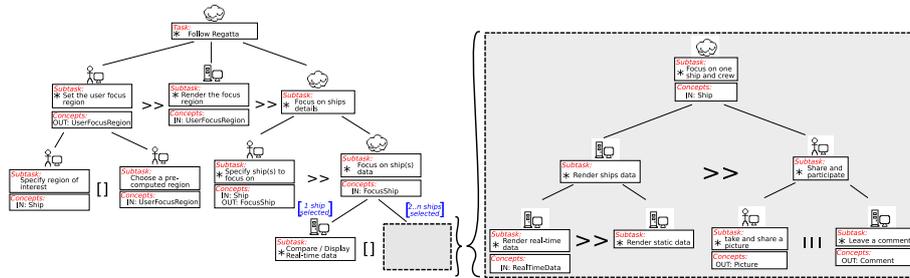
FIG. 1 – Cadre de conception d’un système interactif contextuel

Ces deux dernières étapes peuvent être semi-automatiques. L’organisation UML des concepts est assortie de fonctions de manipulations pour former un diagramme de classe, puis un patron de code est généré. Des outils comme Theresa permettent la génération des différents niveaux d’abstraction de l’interface utilisateur à partir de l’arbre des tâches annoté, pour une plateforme cible donnée [8]. Cette décomposition centrée sur la tâche et les concepts présuppose que le système implémenté soit figé dans son environnement et soit à tout moment capable d’effectuer l’ensemble de la tâche de l’utilisateur. Dans ce cas, l’organisation des données et des procédures ne change pas, et le scénario nominal décrit pleinement la tâche et les concepts.

Actuellement, La variété des plateformes client dépasse largement le simple ordinateur de bureau, et l’utilisation nomade de systèmes informatiques nécessite la prise en compte d’un environnement dynamique [15]. Dans le domaine de l’ingénierie de l’interaction Homme-Machine, on appelle *informatique contex-*



(a) Concepts du domaine sous forme de diagramme UML



(b) Décomposition de la tâche en tâches élémentaires

FIG. 2 – Outils pour la modélisation du scénario nominal

tuelle cette adaptation d'un système aux conditions environnementales. Plusieurs démarches pour concevoir des systèmes en contexte ont été proposées [10, 5, 6]. Elles se conforment au cadre de référence unifié [4] qui distingue trois dimensions contextuelles dans l'environnement : le contexte utilisateur, le contexte de la plateforme client, et le contexte d'environnement d'utilisation (Fig. 1(m)). Des scénarios alternatif expriment ce que devient la tâche de l'utilisateur dans des situations données et perceptibles par le système (Fig. 1(l)). les scénarios alternatif sont décomposées en tâches alternatives qui se substituent ou complètent la tâche nominale (Fig. 1(k)). Le concepteur va définir différents patrons possibles pour chaque niveau de la modélisation du tiers client, en fonction des contraintes contextuelles qu'il choisit de prendre en compte, et qui sont décrite dans les scénarios alternatif.

Dans ce modèle, l'accent est porté sur l'adaptation de la partie cliente, avec une attention particulière pour l'ingénierie de l'interface Homme-Machine. Les scénarios alternatif sont un choix de conception ; les tiers métier et donnée ne sont pas contraints par l'environnement : à tout moment, ils tiennent leur rôle dans le système. Dans le cadre du déploiement d'un système distribué dans un environnement géographique, ce postulat n'est plus valable. le système déployé est fortement contraint par la situation géographique, où l'évolution de la localisation spatiale et temporelle de ses composants joue un rôle prépondérant.

Le cadre de conception étendu intègre cette versatilité de l'environnement du système, et caractérise *l'influence de l'environnement géographique de système sur le déroulement du scénario nominal* (Fig. 3).

2.1 Cadre de conception étendu

L'environnement géographique d'exécution du système est décomposable en 4 classes de regions physiques : la/les région(s) de diffusion des données, la/les région(s) des procédures, la/les region(s) des utilisateurs, la/les region(s) des sources des données (Fig. 3(a))[11]. Pour représenter la distribution du système dans l'espace, ces regions sont étiquetées par les tâches et les concepts (Fig. 3(b)).

On choisi d'appeler "service" un quadruplet¹ de regions de l'environnement qui réalisent l'ensemble d'une tâche ou d'une sous-tâche interactive. Ainsi, un système est décomposé en services dont la représentation dans l'environnement géographique est dépeinte par un ensemble de regions.

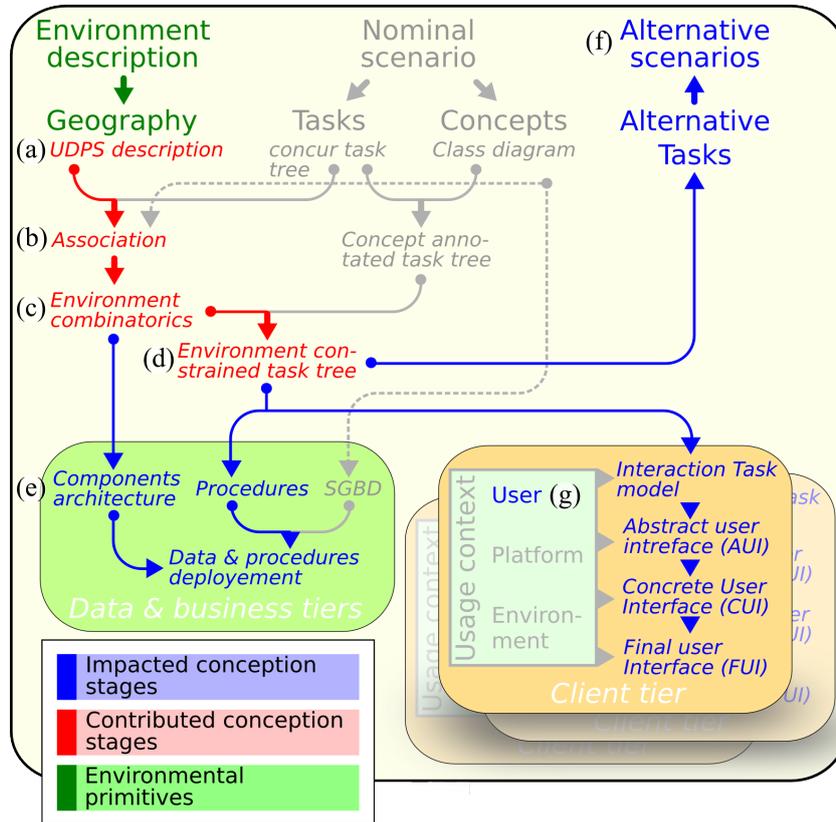


FIG. 3 – Cadre de conception étendu et contribution directe et indirecte de l'approche géographique

Au cours du temps, les regions peuvent se transformer et leur topologie va

¹ou triplet si les données ne sont pas localisées et qu'il n'y a pas de region de source de donnée délimitable

varier. L'étape de calcul combinatoire décrit toutes les topologies possibles des régions par service²(Fig. 3(d)). À la lumière des propriétés des régions, un tri est effectué pour ne retenir que les topologies qui peuvent modifier le comportement d'un service. Ces solutions sont proposées au concepteur comme des alternatives possibles au déroulement du cas nominal pour une tâche ou une sous-tâche. Il peut être choisi de revenir à une conception classique et d'ignorer ces cas, ou il ajoute des nouvelles (sous-)tâches, conditionnée par la réalisation d'une topologie de l'environnement, à l'arbre des tâches (Fig. 3(d)). Ces branches ajoutées décrivent des "alternatives" à une tâche nominale et implique l'existence de scénarios alternatifs implicites.

Ces étapes supplémentaires influencent indirectement la suite de la conception : la distribution physique du système et la conception de la couche d'interaction. L'architecture est distribuée et s'adapte à la description de l'environnement. En particulier, on choisit le déploiement des procédures et des données sur des plateformes physiques adaptées à la perception des variations topologiques des régions (Fig. 3(e)). L'arbre des tâches étiqueté des topologies est le point de départ de la conception de la partie client. Les tâches alternatives et les tâches du cas nominal et sont intégrées au sein d'une IHM homogène, au sens de l'ergonomie des interfaces [16].

Dans le sens de la remontée, les tâches alternatives décrivent les scénarios qui n'ont pas été prévus lors de l'écriture du scénario nominal et qui spécifient la réponse apportée par le système lorsque l'environnement géographique d'exécution diffère de l'environnement "nominal" (Fig. 3(f)).

2.2 Le modèle à l'exécution : ARCH en contexte

Le modèle ARCH est une vue d'un système interactif à l'exécution selon un ensemble de niveaux fonctionnels qui décomposent les interactions entre les utilisateurs et le noyau du système [17]. Dans un système interactif sensible au

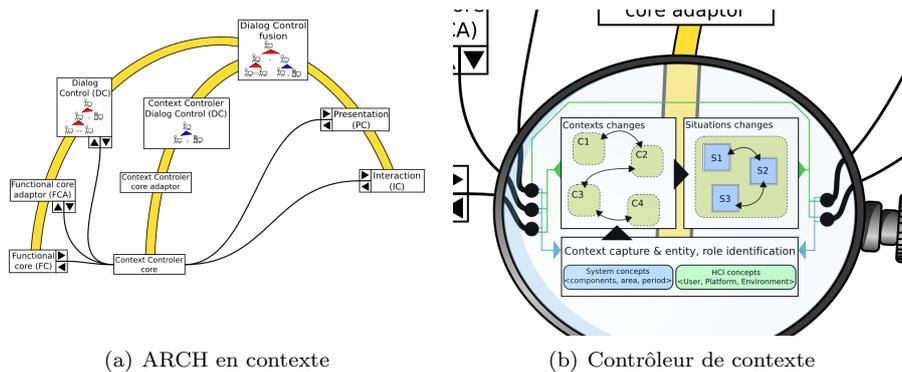


FIG. 4 – Prise en compte du contexte à l'exécution

contexte, chaque niveau fonctionnel de l'arche peut être contraint par l'environnement ou peut lui même générer des mesurables du contexte. Cette action du contexte au moment de l'exécution n'est pas reflété par le modèle ARCH. Nous proposons un modèle ARCH enrichi, qui permet de rendre compte des étapes

²pour le moment, seule la relation topologique d'intersection est étudiée

de la considération des changements dans l'environnement lors de l'exécution du système. Une branche supplémentaire est ajoutée à l'arête et est dédiée à la gestion du contexte (Fig. 4(a)). En particulier, le contrôleur de contexte mesure les variations de l'environnement et déclenche les processus d'adaptation propres à chaque niveau fonctionnel.

Une décomposition du contrôleur de contexte selon deux axes est proposée (Fig. 4(b)). Le contexte système, est caractéristique de l'état de l'environnement géographique à un moment donné. Les différents contextes systèmes pris en compte par le contrôleur ainsi que le graphe de passage d'un contexte à un autre découlent directement de la conception géographique et des topologies de régions jugées pertinentes. Le contexte d'usage mesure des variations dans les conditions de l'utilisation du système : variation de l'environnement d'interaction, variation de la plateforme d'interaction, ou variation du comportement de l'utilisateur. Ces changements sont représentés par différentes situations qui affinent de chaque contexte.

2.3 Travaux effectués et en cours

Les étapes de description de l'environnement d'un système (Fig. 3(a)) et le calcul de l'ensemble des topologies (Fig. 3(b)) ont été validés pour la cas d'un système composé d'un service unique reposant sur quatre régions dans [11]. L'article en cours de rédaction "A context-based and adaptive GIS : application to maritime navigation" donne un cadre formel à la définition des régions et énonce les règles qui associent des topologies en groupes d'équivalence. L'exemple développé illustre l'enrichissement de la tâche utilisateur par des cas alternatifs (Fig. 3(d)).

2.4 Travaux à valider

Le cadre de conception dans son ensemble doit être finalisé et faire l'objet d'une validation. On se propose de détailler chaque étape de la conception sur un cas d'étude, en mettant l'accent sur l'impact de l'environnement³. Idéalement, le cas d'étude choisi sera implémenté et apportera une validation opérationnelle du cadre de conception.

Le modèle d'ARCH en contexte est présentable selon une approche guidée par la prise en compte du contexte dans les systèmes interactifs, avec une application au cas d'un service distribué conçu selon l'approche géographique précédemment proposée⁴.

3 Influence de l'environnement sur les utilisateurs

le contexte d'usage distingue les dimensions d'*environnement d'interaction*, de *plateforme d'interaction* et d'*utilisateur*. Ces dimensions sont à géométrie variable, et un triplet $\langle \text{plateforme}, \text{environnement}, \text{utilisateur} \rangle$ caractérise la

³Un plan détaillé, qui doit servir de guide pour la validation du cadre de conception, et les premières étapes illustrées par le cas d'étude sont écrites.

⁴Les premières notes présentent les contributions du modèle ARCH en contexte et illustrent chaque élément du schéma proposé sur des exemples choisis dans les domaines de la perception du contexte, des SIG, et de l'IHM.

cible du système à un moment donné. Les conditions d’environnement et la variabilité de la plateforme d’interaction, qui influencent plus certainement la présentation et l’IHM que les données elles-mêmes, relèvent du domaine de l’interaction homme machine. Même si ces deux dimensions pourraient bénéficier d’un éclairage “géographique”, dans le cadre de cette étude, nous nous concentrons sur l’apport de l’environnement géographique pour le contexte des utilisateurs (Fig. 3(g)).

3.1 Contexte multi-utilisateur

Concevoir un système interactif basé sur une distribution spatiale de ses composants prend sens dans l’optique d’une utilisation par un ensemble de personnes. Le scénario nominal doit être écrit dans le but de satisfaire les attentes des futurs utilisateurs du système. Toutefois, au moment de la conception, il est délicat de prévoir et d’inclure l’ensemble des situations d’utilisation et la gamme des utilisateurs avec leurs différentes caractéristiques. Plutôt que de spécialiser le scénario nominal et les tâches pour des groupes d’utilisateurs prédéterminés, dans le modèle proposé, la tâche et les sous-tâches modélisées embrassent l’ensemble des possibilités offertes par le système dans un environnement géographique donné.

En s’inspirant de la première loi de la géographie⁵, nous postulons que ce maximum fonctionnel, offert aux utilisateurs, peut être affiné au grain de la corrélation géographique entre ces utilisateurs. Cette corrélation est une mesure de la distance spatio-temporelle qui sépare un ensemble d’utilisateurs : plus la distance est faible plus la corrélation est forte, et plus le système à intérêt à regrouper ces utilisateurs pour la caractérisation d’un contexte commun. Dans le cas de la décomposition du système en services et régions, une mesure de la corrélation spatiale est donnée, selon l’approche géographique, par l’appartenance ou non d’utilisateurs à un même groupe topologique de régions. Du point de vue du système lors de l’exécution, cela correspond au partage ou non d’un même contexte système par un ensemble d’utilisateurs.

Des utilisateurs en proximité spatiale et temporelle sont fortement corrélés. Ils partagent les mêmes conditions d’environnement, et, en regard du système, manipulent les mêmes concepts pour effectuer des tâches similaires. Ces comportements communs alimentent la construction d’un profil de groupe qui favorise l’émergence de sous-ensembles parmi les tâches et des concepts utilisés. L’expérience accumulée dans les profils des groupes est diffusée par les utilisateurs lors de leurs déplacements dans l’espace géographique du système. La corrélation temporelle est prise en compte lors de la fusion de deux profils en regard d’une topologie de région identique, ou l’on choisit de donner plus d’importance à un profil généré récemment.

3.2 Travaux effectués et en cours

Un algorithme de diffusion de profils reposant sur des groupes d’utilisateurs réparti par contextes systèmes est décrit dans [12]. Un simulateur de la construction et de diffusion des profils dans l’espace et le temps à été développé et permet

⁵“Everything is related to everything else, but near things are more related than distant things.” [18]

de valider l'algorithme proposé. Une formalisation plus complète de la notion de profils et des conséquences de l'algorithme de diffusion est donnée dans [13].

3.3 Travaux à valider

En l'état, l'algorithme proposé tiens pour acquis que :

1. il existe des moyens, implicites ou non, pour capter les actions d'interaction et les préférences des utilisateurs relatives aux données et outils à sa disposition, et un profil est construit pour quantifier ces préférences ;
2. la fusion de deux profils de contextes identiques produit un profil applicable à la sélection d'un sous-ensembles des données et des tâches effectuées dans ce même contexte ;
3. les données et les outils de manipulation proposés à chaque individu sont adaptées régulièrement au profil construit par le groupe, et cette opération est non-intrusive et acceptée par l'utilisateur.

Ces pré-requis mettent en lumière autant de verrous scientifiques, mais ils n'entament pas la contribution géographique de l'approche proposée. Pour la mise en oeuvre et la validation opérationnelle, une collaboration est en cours avec l'UC de Dublin, dont l'une des spécialité concerne la mesure implicite des interactions avec les SIG pour la constitution de profils d'utilisateurs.

Un axe de recherche non encore exploré concerne la mise en commun de deux profils et les conséquences pour les données géographiques présentées à l'utilisateur. Un premier pas à été effectué par les élèves de l'école qui ont réfléchi, à l'occasion d'un travail de PVA, au sens à donner à la notion de zoom multi-utilisateurs⁶.

Le dernier pré-requis relève d'une thématique d'interaction homme-machine et d'ergonomie. S'il dépasse le cadre de notre étude, il est néanmoins envisageable de travailler sur ces questions avec des spécialistes du domaine lors de la mise en oeuvre du prototype.

4 collaborations

Deux collaboration sont en cours et participent à mes travaux de thèse. Un stage de recherche à été effectué à Grenoble en janvier 2008 au sein de l'équipe Ingénierie de l'Interaction Homme-Machine. Un partenariat Hubert Curien "Ulysse" est en cours avec le département d'informatique de l'University Collège de Dublin sur l'année 2008. Cyril à fait une première visite de présentation et d'échange de 3 jours en février 2008.

4.1 Équipe IIHM du LIG de Grenoble

Le cadre de conception intégrant l'environnement est issu de la mise en commun de nos précédents travaux sur le contexte géographique et du modèle de conception de système interactif proposé par l'équipe IIHM [4]. Notre volonté est d'intégrer les aspects d'environnement géographique à un cadre de conception reconnu par la communauté du génie logiciel. Nous devrions continuer à

⁶"SIG collaboratif : application à la cartographie" ; ASP Appéré, J.P. et Chantre, M.

travailler avec l'équipe IIHM et Dr. Calvary, G. en particulier à la validation du modèle.

Le modèle d'ARCH en contexte décrit l'exécution d'un système conçu selon le cadre de conception proposé. La décomposition du contexte en système et usage découle des difficultés de description des variations de l'environnement géographique par le modèle des contexteurs [14]. En aparté du domaine des SIG, il constitue une avancée dans les modèles de description de systèmes sensibles au contexte qui mériterait un approfondissement et une validation.

Le prototypage d'un système prenant en compte les profils des groupes d'utilisateurs est une troisième voie de collaboration envisagée. Il s'agira de définir des méthodes propres à opérer le passage d'un profil à un autre sans gêne pour l'utilisateur. Cette thématique pourra être suggérée, ainsi que le cas d'étude, à un membre de l'équipe de Grenoble, mais semble trop éloignée de nos compétences pour que nous puissions y apporter une contribution importante.

4.2 Département d'informatique de L'UC de Dublin

Une collaboration est démarrée cette année avec l'équipe du département d'informatique de l'University Collège de Dublin, plus particulièrement avec Dr. Bertolotto, M. et son thésard Mac Aoidh, E. Ils s'intéressent à la définition implicite de profils d'utilisateurs dans le cadre de l'utilisation d'un SIG archéologique.

Nous envisageons de travailler avec eux à la définition d'opérateurs de fusion de profils pour les outils de manipulation de données SIG. Il s'agira d'adapter leurs méthode de perception implicite du profil d'un utilisateur à un groupe d'utilisateurs. Cette recherche devra être orientée vers l'aspect opérationnel et guidée par l'écriture d'un prototype. Une série de tests expérimentaux validera nos propositions.

La bourse MAE doit permettre encore 3 visites. Il est prévu que nous accueillons Michella et Eoin en mai et décembre et que nous nous rendions en Irlande en septembre.

Références

- [1] Ahmad M. Ahmad Wasfi. Collecting user access patterns for building user profiles and collaborative filtering. In *IUI '99 : Proceedings of the 4th international conference on Intelligent user interfaces*, pages 57–64. ACM Press, 1999.
- [2] R. Bastide, D. Navarre, and P. Palanque. A tool-supported design framework for safety critical interactive systems. *Interacting with Computers*, 15(3) :309–328, jun 2003.
- [3] Y. Bédard. *Geographical Information Systems : Principles, Techniques, Application and Managements*, chapter Principles of Spatial Database Analysis and Design, pages 413–424. Wiley, 1999.
- [4] G. Calvary, J. Coutaz, D. Thevenin, Q. Limbourg, L. Bouillon, and J. Vanderdonckt. A unifying reference framework for multi-target user interfaces. *Interacting with Computers*, 15(3) :289–308, 2003.
- [5] J. Eisenstein, J. Vanderdonckt, and A. Puerta. Applying model-based techniques to the development of UIs for mobile computers. In *Proceedings of*

the 6th international conference on Intelligent user interfaces, New York, NY, USA. ACM.

- [6] K. Luyten, T. Van Laerhoven, K. Coninx, and F. Van Reeth. Runtime transformations for modal independent user interface migration. *Interacting with Computers*, 15(3) :289–308, 2003.
- [7] G. Mori, F. Paterno, and C. Santoro. CTTE : support for developing and analyzing task models for interactive system design. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 28(8) :797–813, aug 2002.
- [8] G. Mori, F. Paterno, and C. Santoro. Design and development of multidevice user interfaces through multiple logical descriptions. *IEEE Transactions on Software Engineering*, 30(8) :507–520, aug 2004.
- [9] C. Parents, S. Spaccapietra, E. Zimányi, P. Domini, C. Plazent, and C. Vangenot. Modeling Spatial Data in the MADS Conceptual Model. In *Proceedings of the 8th international symposium on Spatial Data Handling : SDH'98*, pages 130–150, 1998.
- [10] F. Paterno and C. Santoro. A unified method for designing interactive systems adaptable to mobile and stationary platforms. *Interacting with Computers*, 15(3) :349–366, jun 2003.
- [11] M. Petit, C. Ray, and C. Claramunt. A contextual approach for the development of GIS : Application to maritime navigation. In J. Carswell and T. Tekuza, editors, *Proceedings of the 6th International Symposium on Web and Wireless Geographical Information Systems*, number 4295 in Lecture Notes in Computer Sciences, pages 158–169. Springer Verlag, 2006.
- [12] M. Petit, C. Ray, and C. Claramunt. A user context approach for adaptive and distributed GIS. In M. Wachowicz and S. Fabrikant, editors, *Proceedings of the 10th International Conference on Geographic Information Science : AGILE'07*, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, pages 121–133. Springer Verlag, 10 May 2007.
- [13] M. Petit, C. Ray, and C. Claramunt. An adaptive interaction architecture for collaborative GIS. accepted for publication. *Cartographic and Geographical Information Sciences*, 2008.
- [14] G. Rey. *Contexte en Interaction Homme-Machine : Le contexteur*. PhD thesis, Université Joseph Fourier Grenoble I, 16 2003.
- [15] M. Satyanarayanan. Fundamental challenges in mobile computing. In *Proceedings of the fifteenth annual ACM symposium on Principles of distributed computing :PODC'96*, New York, NY, USA. ACM.
- [16] D. L. Scapin and J. M. C. Bastien. Ergonomic criteria for evaluating the ergonomic quality of interactive systems. *Behaviour and Information Technology*, 16(5), jul 1997.
- [17] The UIMS tool developers workshop. A metamodel for the runtime architecture of an interactive system. *SIGCHI Bulletin*, 24(1) :32–37, 1992.
- [18] W. R. Tobler. A computer movie simulating urban growth in the detroit region. *Economic Geography*, 46 :234–240, 1970.