

IMPACT DU CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE SUR LA CONCEPTION ET L'EXÉCUTION D'UN SYSTÈME MOBILE

par Mathieu Petit

MatiaSat System

134 rue Danton 92300 LEVALLOIS-PERRET

mathieu.petit@matiasat.com

Ces travaux de thèse, effectués au sein de l'équipe « Systèmes d'information géographique » de l'Institut de recherche de l'École navale, portent sur les nouveaux enjeux de l'informatique mobile. Ils proposent un cadre de réflexion pour l'analyse et la conception de systèmes distribués qui adaptent leur comportement à leur environnement d'exécution. Cet environnement d'exécution est difficile à caractériser au moment de la conception des systèmes mobiles. Sa description complète passerait par la détermination de l'ensemble des situations que l'utilisateur pourrait rencontrer dans sa mobilité. À défaut de pouvoir tout prévoir à la conception, il est admis qu'un système mobile devra faire face à des situations complexes et difficiles à appréhender lors de son exécution. De telles situations nouvelles et changeantes peuvent impacter son fonctionnement, le dégrader, le rendre inapproprié, etc. Pour mieux répondre à ces changements dynamiques, il est nécessaire d'imaginer des méthodes d'ingénierie adéquates, propres à implémenter des systèmes réactifs et sachant s'adapter à différentes situations d'exécution. En prenant l'informatique distribuée comme point de départ méthodologique, ces travaux proposent une démarche de conception dont le but est une meilleure prise en compte de la dynamique du contexte. Le milieu géographique d'exécution du système est considéré comme un facteur de définition primordial de ce contexte.

1 Motivation et approche

En complément des avancées technologiques observées dans les domaines des télécommunications, des réseaux et de la géolocalisation en temps réel, la problématique abordée dans cette thèse concerne la mise en œuvre de systèmes d'information mobiles et s'interroge sur les impacts de ces nouvelles technologies sur l'utilisation et la conception des systèmes.

La piste du contexte d'exécution est proposée pour répondre aux questions relatives à la mobilité de ces systèmes, à leur conception et à leur exécution :

- En quoi la nature mobile des systèmes distribués impacte-t-elle leur conception ?
- Comment appréhender l'environnement et les situations d'exécution d'un système mobile ?
- Est-il possible de catégoriser les situations d'exécution lors de la conception ?
- Comment rendre compte de ces situations d'exécution dans une démarche de conception ?

La notion de dynamique contextuelle dans les systèmes mobiles constitue le pivot de ces travaux. Les dimensions d'un contexte sont discriminées en **contexte d'usage** et en **contexte d'exécution**. Ces deux lectures permettent de caractériser une situation d'exécution selon le point de vue de l'utilisateur ou celui du système. L'intégration de cette décomposition contextuelle dans un processus de conception est au cœur de la contribution de cette thèse.

Définition du contexte d'exécution

Dans un premier temps, un **contexte d'exécution** peut être décrit par une approche géographique de modélisation de la répartition des éléments du système. Cette modélisation associe des régions d'influence aux composants et étudie leur mobilité et leurs relations. L'exemple de la figure 1 imagine un système fournissant un support cartographique aux petites embarcations qui parcourent la côte. En approchant de la côte, les marins, plaisanciers ou pêcheurs, peuvent interroger le système à partir de leur client embarqué. Ils reçoivent des informations sur les conditions locales de mer, sur les dangers potentiels pour la navigation et sur les bateaux dans leur proxi-

mité immédiate. Ce système est distribué sur cinq composants : deux clients, deux serveurs de traitement, un serveur de données.

La mobilité du système est rendue possible par l'utilisation de moyens aériens de transport de l'information. Dans l'exemple proposé, l'infrastructure du réseau connecte les composants sur un mode pair à pair. Dans ce cas, chaque composant s'entoure d'une région dans laquelle il est capable de diffuser de l'information. Ces régions d'émission découlent directement des capacités des cartes Wi-Fi d'accès au réseau embarquées par les composants. Dans l'exemple de la figure 1, les empreintes spatiales de ces régions d'émission sont matérialisées par des cercles autour des composants qui les génèrent. Par exemple, les deux composants de traitement diffusent au moins partiellement des données vers le large et les clients peuvent envoyer des informations aux alentours de leurs bateaux.

Les localisations des composants par rapport aux aires de diffusion déterminent les capacités d'échange d'information entre les composants à un moment donné. Dans l'exemple proposé, à t1, le composant serveur de données, qui est dans la région d'émission du premier serveur de traitement, peut recevoir des informations en provenance de ce composant. À l'inverse, le premier composant de traitement, situé dans la région d'émission du serveur de données, peut recevoir des données de ce dernier. D'autres communications bidirectionnelles (symbole \leftrightarrow) ou unidirectionnelles (symboles \leftarrow ou \rightarrow) peuvent s'établir à t1 :

Client 2 \leftrightarrow Traitement 1 \leftrightarrow Données 1
 \leftrightarrow Traitement 2 \rightarrow Client 1

L'utilisation d'infrastructures réseau sans fil permet à chaque composant de devenir mobile et de changer de position au cours du temps. Dans l'exemple du système de suivi côtier, d'une part, les clients sont mobiles et se déplacent en même temps que les bateaux des utilisateurs. D'autre part, le serveur de données est mobile, embarqué dans un véhicule à terre. Ces trois composants voient leur localisation varier. Les intersections entre les composants et les aires d'émission changent au cours du temps. À t2, les transmissions d'information via l'infrastructure réseau se scindent en deux chaînes de liaisons :

Client 2 \leftrightarrow Traitement 1
Données 1 \leftrightarrow Traitement 2 \rightarrow Client 1

Dans le cas du système présenté en figure 1, s'il est admis que le fonctionnement optimal du système

repose sur la continuité des communications bidirectionnelles entre les serveurs de données et les serveurs de traitement, alors, le système subit entre t1 et t2 une dégradation de ses conditions d'exécution, liée au déplacement du véhicule transportant le composant serveur de données. Intuitivement, les situations à t1 et à t2 constituent deux exemples distincts de contextes d'exécution, qui, s'ils ont été prévus et pris en compte à la conception du système, déclenchent des actions d'adaptation *a minima* au niveau des clients ou, *a maxima*, sur l'ensemble des composants.

Plus généralement, le nombre de contextes d'exécution d'un système mobile est lié au nombre de ses composants et à leurs interactions spatiales et temporelles. Il varie entre un contexte lorsque tous les composants sont fixes, et 2^C lorsque tous les n composants sont mobiles dans un espace ouvert. Lors de la conception d'un système mobile, il est possible, en étudiant les futures limites de déplacement des composants, de générer les contextes possibles et de les trier par probabilité d'occurrence.

Ces étapes de modélisation spatiale et temporelle des contextes d'exécution constituent le point d'entrée d'un processus de conception (fig. 2 (a, b et c)). Le modèle conceptuel proposé associe des comportements fonctionnels appropriés (c.-à-d. : qui tiennent compte des serveurs et des clients disponibles) aux contextes d'exécution les plus probables.

2 Prise en compte des contextes d'exécution lors de la conception d'un système d'information

La caractérisation des contextes d'exécution par l'étude de l'espace géographique du système permet de décrire les conditions que le système rencontrera lors de son exécution. Les relations qui s'établissent entre des régions d'exécution déterminent l'ensemble des contextes qu'il est nécessaire d'intégrer lors de la conception du système. La démarche d'intégration proposée adjoint les contextes d'exécution du système à un cadre de conception reconnu et utilisé, adapté à la modélisation de systèmes d'information. Dans ce cadre de conception, les objectifs des utilisateurs sont traduits en scénarios nominaux desquels sont extraits les tâches (ou procédures) et les concepts (ou données) nécessaires à l'accomplissement des objectifs.

Notre proposition de cadre de conception étendu prend en compte les variations de l'environnement d'exécution du système sous la forme de contraintes qui s'ajoutent à la description des

tâches issues des scénarios. Ces contraintes enrichissent l'arbre des tâches par de nouvelles branches correspondant aux tâches effectuées dans les contextes d'exécution qui ne sont pas nominaux. Cette approche étendue du cadre de conception unifié permet de caractériser l'influence de l'environnement d'exécution du système sur le déroulement du scénario nominal.

Le cadre de conception étendu adjoint au cadre de conception unifié deux étapes supplémentaires de modélisation pour permettre l'intégration des différents contextes d'exécution :

- une première étape en vue de l'intégration dans la chaîne de modélisation du cadre de conception unifié considère l'ensemble des contextes produits par l'analyse spatiale, et recherche, à la lumière des tâches des utilisateurs, des équivalences en termes de modifications fonctionnelles entre deux et plusieurs contextes d'exécution (fig. 2 (h)) ;
- les contextes ainsi groupés sont ensuite mis en relation avec les tâches de l'utilisateur et les informations manipulées au sein d'un arbre des tâches « situé » qui exprime les possibilités fonctionnelles offertes dans une situation d'exécution donnée par rapport aux tâches de l'utilisateur (fig. 2 (d)).

Lorsque des contextes d'exécution ne sont liés à aucune tâche de l'arbre annoté, il existera des situations d'exécution potentielles qui n'ont pas été décrites par le groupe de réflexion à l'origine du scénario nominal. Afin que le système réponde de façon appropriée, il est nécessaire de prévoir un comportement adapté à ces contextes. De nouvelles tâches sont imaginées au sein de scénarios alternatifs (fig. 2 (f)). Elles seront effectuées à l'initiative du système ou de l'utilisateur lorsque les conditions ne permettront pas le déroulement du scénario nominal.

En plus des nouvelles tâches associées aux situations dégradées d'exécution, la description géographique des composants est un point d'entrée complémentaire pour le déploiement physique de la plateforme (fig. 2 (e)). Par exemple, les concepteurs peuvent choisir d'ajouter des composants pour enrichir le contexte à certains endroits.

3 Influence du contexte d'exécution sur le contexte d'usage

Dans un second temps, ces travaux étudient les impacts de la description géographique de l'exécution

lors de la mise en œuvre de la sensibilité au **contexte d'usage**. Plus spécifiquement, les espaces définis par les couvertures spatiales des contextes d'exécution fournissent un critère de groupement d'utilisateurs. Ces derniers partagent au sein d'un contexte à la fois une proximité d'environnement et une proximité dans les tâches et les informations qu'ils manipulent : à un contexte d'exécution correspond un certain nombre de fonctionnalités, et un certain sous-ensemble des données du système. Tous les utilisateurs subissant un même contexte d'exécution partagent un même sous-ensemble fonctionnel. Nous proposons de les grouper et d'inférer leurs préférences vis-à-vis des données et fonctions qu'ils manipulent.

Du point de vue du contexte d'usage, ces groupements permettent la construction d'un tri et d'une présentation de données issues des préférences communes. Un algorithme de recommandation évalue les comportements interactifs et spatiaux des utilisateurs localement à chaque contexte d'exécution et propose un contenu et une interface liés aux préférences et usages du groupe.

Dans l'exemple de la figure 3, les utilisateurs partageant l'accès à un système d'information sur les bâtiments d'un campus universitaire définissent un profil commun. Ce profil est utilisé pour adapter le niveau de l'interface utilisateur (fig. 4) et mettre en avant le contenu favorisé par le groupe : les labels sont agrandis, la liste d'items en colonne droite est réordonnée.

4 Validation des travaux

Deux cas d'étude illustrent ces travaux. Un scénario de modélisation d'un système de suivi de compétition nautique applique les étapes du cadre de conception étendu. En se basant sur l'infrastructure du projet NavTrack pour le suivi en temps réel de la compétition de voile (fig. 5), cette modélisation par l'approche des contextes d'exécution caractérise l'ensemble des situations d'utilisation du service par des spectateurs mobiles et permet d'optimiser l'usage des ressources et des informations disponibles pour permettre aux utilisateurs d'atteindre leurs objectifs (c'est à dire : s'informer en temps réel sur les conditions de la course).

Le second cas d'étude porte sur l'application de recommandations pour la personnalisation des informations présentées dans un système mobile de visite de campus. Ce système associe différents contextes d'exécution aux régions du campus. Dans chaque région, les informations présentées concernent des éléments physiques comme les bâtiments

des départements alentour. Les interactions des utilisateurs, qu'elles soient de nature physique (déplacements, pauses, itinéraires, etc.) ou numérique (sélec-

tions, saisies d'informations, etc.), permettent d'attribuer des scores à ces éléments de l'environnement pour adapter leur représentation numérique (fig. 4).

Bibliographie

Petit M., 2010, *Approche spatiale pour la caractérisation du contexte d'exécution d'un système d'information ubiquitaire*, ms., École nationale supérieure d'arts et métiers – Paristech, n°2010-ENAM-0016, disponible en ligne à l'adresse <http://www.aromate.org/papers/these.pdf>.

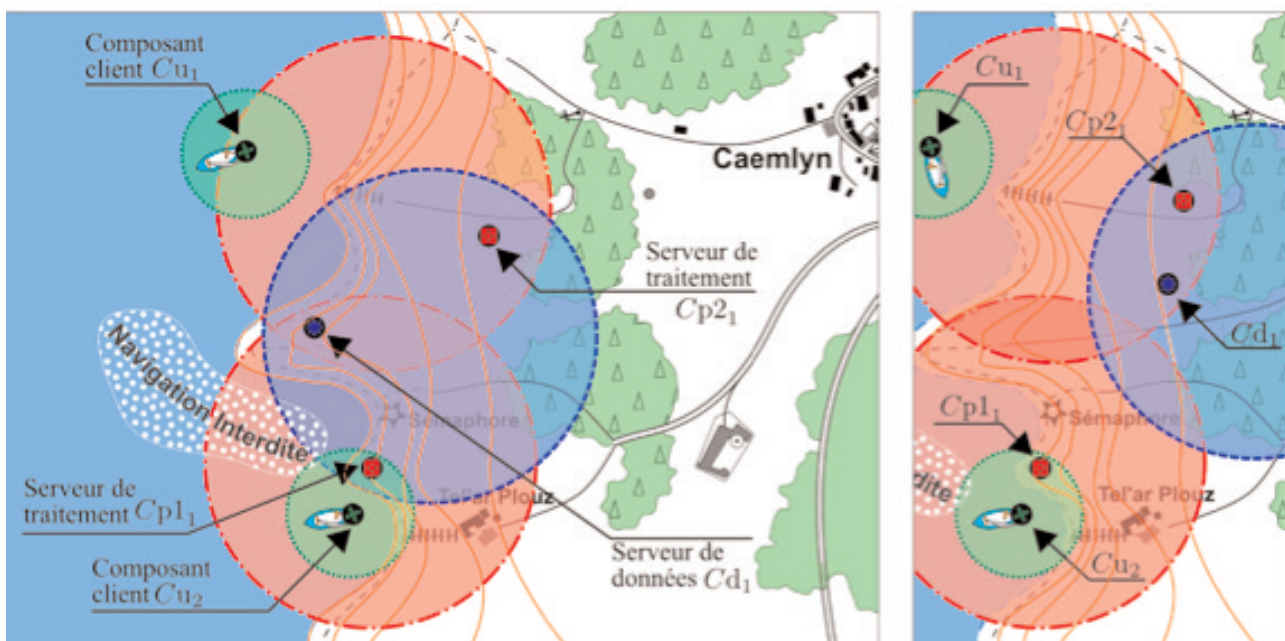


Figure 1 : Exemple de système mobile à 5 composants. Les déplacements des composants entre t1 (à gauche) et t2 (à droite) impactent le contexte d'exécution du système.

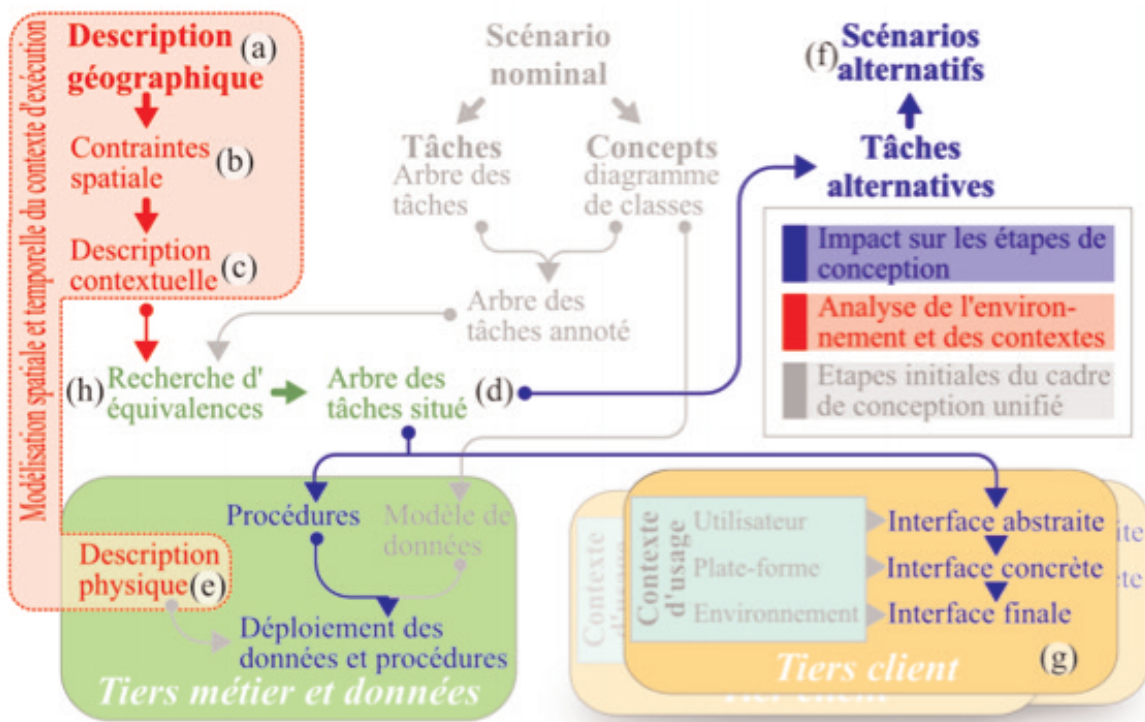


Figure 2 : Étapes du cadre de conception étendu

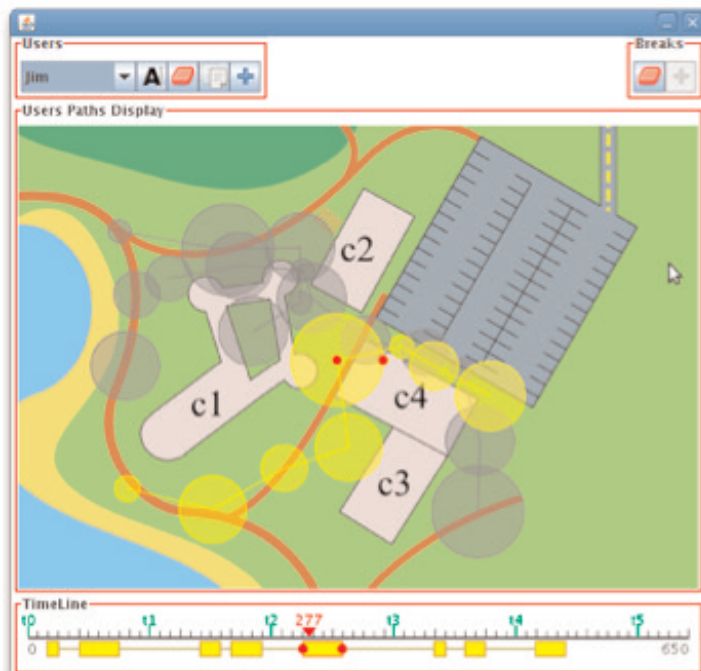


Figure 3 : Éditeur de parcours des utilisateurs d'un système mobile

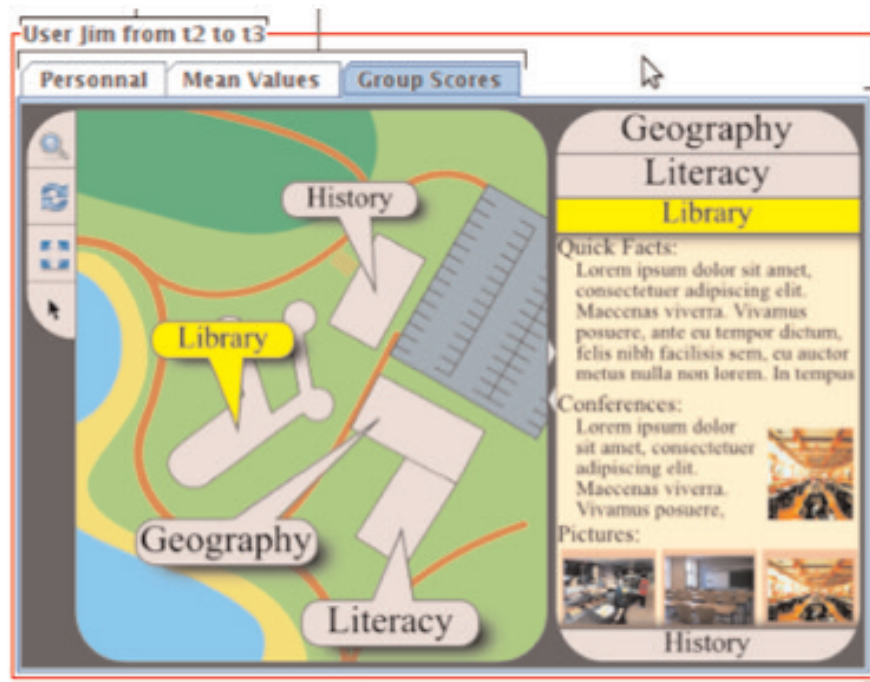


Figure 4 : Adaptation de l'interface d'un système mobile à un profil de groupe

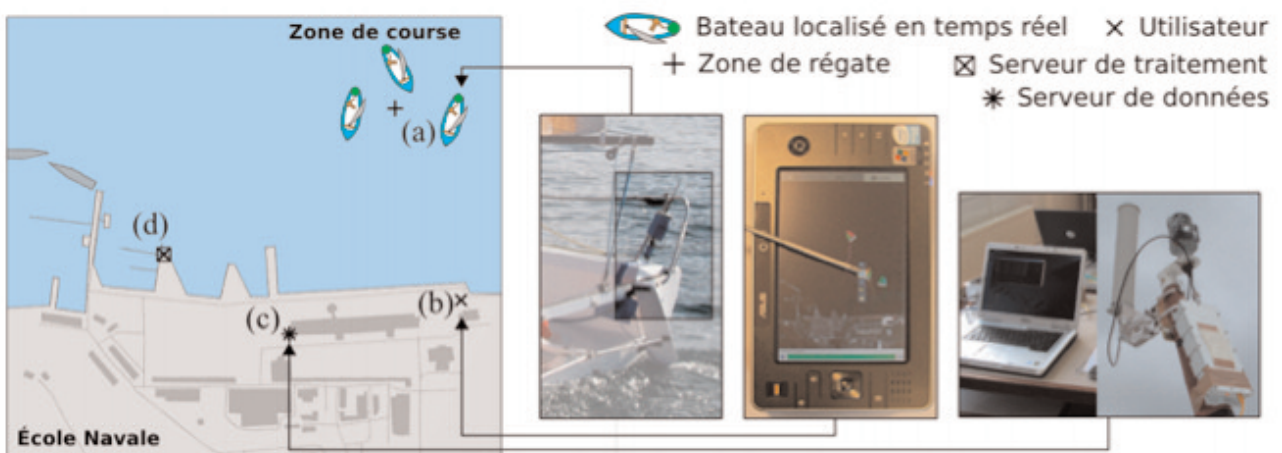


Figure 5 : Infrastructure du projet NavTrack