

UNIVERSITÉ DE BOURGOGNE,
Dijon,

Modèle d'abstraction des données de contexte dans la configuration d'un reseau d'applications

MÉMOIRE

MASTER RECHERCHE IMAGE INFORMATIQUE ET INGÉNIERIE

par

Ghislain Loaec

Tuteurs:
Nader Mbarek
Emmanuel Garette

2014

Table des matières

	Page
LISTE DES FIGURES	iv
LISTE DES TABLES	v
LISTE DES ALGORITHMES	vi
REMERCIEMENTS	vii
RÉSUMÉ	viii
1 État de l'art	1
1.1 Introduction	1
1.2 Background	2
1.3 Vue d'ensemble sur le contexte	2
1.3.1 Classes de contexte	2
1.3.2 Les caractéristiques des informations de contexte	3
1.3.3 Système sensible au contexte	4
1.3.4 Recueillir l'information	5
1.3.5 Récupérer l'information	6
1.3.6 Les architectures de gestion de contexte	7
1.3.7 Représentation du contexte	8
1.3.8 Interprétation du contexte	10
1.3.9 Framework conceptuel en couches	11
1.3.10 Sécurité et confidentialité	11
1.4 Systèmes et frameworks existants	12
1.4.1 Technologies de détection	13
1.4.2 Représentations du contexte	13
1.4.3 Découverte de ressources	14
1.4.4 Gestion du contexte historique	14
1.4.5 Sécurité et confidentialité	14
1.4.6 Conclusion	15
2 Problématiques émergentes et orientations de recherche	16
2.1 Intergiciel et détails d'implémentation	16
2.2 Représentation des informations de contexte	17
2.2.1 Ontologie de contexte	17
2.3 Règles sémantiques	17

2.3.1	Théorie de promesse	17
2.3.2	Principes de fonctionnement	18
2.4	Algorithmes de consensus	18
2.4.1	Algorithme de Paxos	18
2.4.2	Algorithme de Raft	18
2.5	Vue d'ensemble	19
3	Simulation	20
3.1	Ontologie pour un gestionnaire de configuration basé sur la théorie de la promesse .	20
3.1.1	Entités de l'ontologie	20
3.1.2	Propriétés objets de l'ontologie (Relations)	21
3.1.3	Propriétés de données de l'ontologie (Attributs)	22
3.2	Conclusion	23
	Bibliographie	24
A	Appendix Title	26
A.1	Lorem Ipsum	26

Table des figures

	Page
1.1 Le context défini par Abowd et. al. (1997)	2
1.2 Winograd a propos du contexte (2001)	2
1.3 La fiabilité des capteurs par Schmidt (1999)	5
1.4 Comparaison des différents modèles de gestion de contexte par Winograd (2001) . .	8
1.5 Interprétation du contexte par Dey (2001)	10
1.6 Framework conceptuel d'un système sensible au contexte	11
1.7 La confidentialité par Ackerman (2001)	11
1.8 Exemple de configuration des composants du Context Toolkit	12
2.1 Schéma d'implémentation du système multi-agents	19
3.1 Exemple source code.	23

Liste des tableaux

	Page
1.1 Comparaison des framework existants pour la gestion de contexte	13

LISTE DES ALGORITHMES

Page

REMERCIEMENTS

Je souhaiterais remercier...

RÉSUMÉ

Modèle d'abstraction des données de contexte dans la configuration d'un reseau d'applications

Par

Ghislain Loaec

Master Recherche Image Informatique et Ingénierie in Informatique

Université de Bourgogne, Dijon, 2014

Nader Mbarek

L'objectif fondamental de l'informatique ubiquitaire est de faciliter l'utilisation de l'ordinateur. Cela passe par extraire le maximum de bénéfices de l'environnement numérique. Les défaillances logicielles deviennent monnaie courante à mesure que les systèmes informatiques et leur complexité continuent de croître. Le problème réside principalement dans l'absence de standards ou de modèles réutilisables pour la gestion des informations de contexte.

Chapitre 1

État de l’art

1.1 Introduction

LA CONFIGURATION des composantes logicielles impose un coût majeur dans l’administration d’un système. Des erreurs de configuration peuvent se traduire par des vulnérabilités en termes de sécurité, de sévères perturbations dans le fonctionnement de la brique logicielle, ou purement et simplement provoquer un déni de service. La prise en considération du contexte pourrait permettre une abstraction partielle ou complète de cette couche très technique et extrêmement pénible à configurer.

Un système sensible au contexte doit être capable de mimer la capacité humaine à reconnaître et exploiter l’information implicitement présente dans l’environnement. Cela implique une configuration dynamique de chacune des composantes de l’architecture, de manière à pouvoir ajuster leur comportement respectif en fonction de la situation. Identifier l’activité humaine est un défi, il est essentiel que les applications opèrent en transmettant l’information appropriée au bon endroit et au bon moment par inférence de l’intention des utilisateurs. L’infomatique sensible au contexte est un paradigme dans lequel les application peuvent découvrir et tirer profit d’informations de circonstance telles que la position actuelle, l’heure de la journée, les personnes et périphériques dans l’environnement et leurs activités.

Dans ce mémoire, nous aborderons les principes communs à chacune des architectures existantes, desquels nous détaillerons le framework conceptuel dérivé (!) par couches. Nous présenterons une certaine variété d’intergiciels et d’infrastructures reconnus pour faciliter la configuration d’applications et de services basés sur le contexte.

1.2 Background

De nombreux débats ont eu lieu sur .. Alors que la plupart des gens comprennent de manière tacite ce qu'est le contexte, ils le trouvent par ailleurs particulièrement difficile à élucider.

“... toute information pouvant être utilisée pour caractériser la situation d'une entité. Une entité peut être une personne, un lieu ou un objet considéré pertinent dans l'interaction entre un utilisateur et une application, notamment l'utilisateur et l'application eux même.” [1]
Gregory D. Abowd, Christopher G. Atkeson, Jason Hong, Sue Long, Rob Kooper, and Mike Pinkerton. Cyberguide : a mobile context-aware tour guide. Wireless Networks, 3(5) :421–433, October 1997.

FIGURE 1.1: Le contexte défini par Abowd et. al. (1997)

Cette définition rend la tâche plus facile à un développeur d'application pour énumérer le contexte pour un scénario d'application donné. Si un fragment d'information peut être utilisé pour caractériser la situation d'un participant dans une quelconque interaction, alors cette information appartient au contexte.

1.3 Vue d'ensemble sur le contexte

“Le contexte est efficace, seulement lorsqu'il est partagé.” [19]
Terry Winograd. Architectures for Context. Human-Computer Interaction, 16(2) :401–419, December 2001.

FIGURE 1.2: Winograd a propos du contexte (2001)

Pour s'assurer que le contexte soit partagé, il doit d'abord être recueilli et rigoureusement traité. Cela implique qu'un système sensible au contexte doit être en mesure de comprendre ce qu'est le contexte avant d'aller à la recherche de ces informations et de pouvoir les catégoriser.

1.3.1 Classes de contexte

Schilit et. al. proposent la classification suivante des informations de contexte :

- **Contexte Informatique** - Connectivité réseau, bande passante, and ressources à proximité telles que des imprimantes, des affichages ou des postes de travail.
- **Contexte Utilisateur** - Le profil utilisateur, sa situation géographique, sa situation sociale actuelle et les individus qui l'entourent.
- **Contexte Physique** - L'éclairage, le niveau de bruit, les conditions de circulation ou la température.

Chacune de ces catégories contiennent une richesse d'informations pertinentes pour le système sensible au contexte. Elle ne peuvent cependant pas être traitées de manière isolée pour pouvoir en extraire le meilleur. L'intention du système sensible au contexte est de rassembler et de fusionner ces informations pour aboutir à une vue d'ensemble de la situation. Une fois le contexte mis en tampon ou en base, le système doit alors filtrer les informations pertinentes pour l'utilisateur, dans le moment présent.

Les informations de contexte peuvent alternativement être subdivisées en 2 catégories bien distinctes : contexte virtuel ou physique.

1.3.1.1 Contexte virtuel

Le contexte virtuel inclut la version du système d'exploitation, les possibilités d'interface, la technologie en charge de l'accomplissement des communications, les emails envoyés et reçus, et les documents édité.

1.3.1.2 Contexte physique

Le contexte physique d'un autre côté peut être la présence d'une autre entité, qu'elle soit utilisateur ou périphérique, la proximité d'un imprimante en particulier, une indication que l'utilisateur est debout, en train de marcher ou assis ou les conditions météorologiques actuelles. En d'autres termes, le contexte physique peut être défini comme toute donnée acquies par le biais d'une sonde.

1.3.1.3 Contexte historique

Les contextes mémorisés au cours d'un certain laps de temps. Cette information est considérée très utile, mais n'est que très rarement utilisée, sauf pour les applications mobiles. Le système doit être en mesure d'estimer les informations valant la peine d'être conservées. Cette évaluation est excessivement coûteuse et nécessite donc des algorithmes très performants.

1.3.2 Les caractéristiques des informations de contexte

Les chercheurs l'université de Queensland ont classifié quatre caractéristiques majeures : [4]

1. Les informations de contexte présente une gamme de caractéristiques temporelles

L'information de contexte est d'hors et déjà catégorisée selon l'environnement auquel il appartient : virtuel ou physique ; elle peut en outre est subdivisée selon un critère de temporalité :

- Information statique : toute information apparentée à l’environnement de l’utilisateur qui ne varie pas.
- Information dynamique : l’information accumulée continuellement, fréquemment et automatiquement.

De plus, l’information de contexte passé semble indispensable pour la compréhension de l’état global de l’environnement.

2. **L’information de contexte n’est pas parfaite**

Cela considère la validité du contexte, majoritairement concernant les informations de contexte dynamique. La vitesse et la fréquence à laquelle l’information varie soulève de sérieuses raisons de douter de sa solidité. Ce “délai entre la production et l’utilisation de l’information de contexte“ [4] est une préoccupation non-négligeable. D’autres sources d’inquiétudes quant au bien-fondé de l’information de contexte incluent la fiabilité des informations fournies par les producteurs de contexte : défaillance d’un capteur, chemin rompu entre les producteurs ou n’importe quelle source qui fournirait une information erronée ou désuète.

3. **L’information incarne un grand nombre de représentations**

Les données brutes recueillies depuis l’environnement physique et virtuel peuvent prendre de nombreuses formes et doivent être traitées pour se mêler à d’autres informations de contexte. La probabilité pour qu’un système sensible au contexte obtienne un taux de succès de 100% lors d’une “capture des relations existantes entre les représentations alternatives“ [4] de l’information et celle apte à la situation courante est quasi-nulle.

4. **Les informations de contexte sont très fortement corrélées**

L’information contextuelle provenant d’une origine particulière peut avoir un lien très étroit avec sa source, si bien qu’elle est dépendante de l’origine. Le contexte peut ne pas être fiable “là où les caractéristiques de l’information dérivée sont intimement liées aux propriétés de l’information dont il est issu.” [4]

1.3.3 **Système sensible au contexte**

Un système est dit sensible au contexte s’il utilise le contexte pour fournir des informations pertinentes et/ou des services à l’utilisateur, où la pertinence dépend de la tâche de l’utilisateur. Les systèmes sensibles au contexte peuvent être implémentés sous plusieurs formes, mais pour accomplir cet objectif, le système doit d’une manière générale :

1. Recueillir l’information
2. Sérialiser cette information
3. Fusionner l’information pour générer un contexte de plus haut niveau
4. Prendre automatiquement des mesures basées sur l’information recueillie

5. Rendre l'information disponible à l'utilisateur, dans l'immédiat, dans le futur ou au moment approprié pour améliorer et aider à la completion de la tâche de l'utilisateur.

Les chercheurs du Context Toolkit à l'université de Berkley proposent 3 fonctionnalités qu'une application sensible au contexte doit impérativement supporter : [7]

1. Présentation de l'information et des services à l'utilisateur
2. Exécution automatique d'un service pour l'utilisateur
3. Etiquetage de l'information de contexte pour une extraction ultérieure

Les développeurs du systems Kimura ont conçu des composants distribués destinés à un système sensible au contexte global. Ces composants se divisent en trois classes [18], qui sont les suivantes :

- **Aquisition du contexte** - Le système récupère l'information de contexte et l'ajoute dans un dépôt dédié.
- **Interprétation du contexte** - Les système convertit l'information recueillie en un contexte de travail.
- **Interaction de l'utilisateur** - Le système affiche le contexte de travail à l'utilisateur.

1.3.4 Recueillir l'information

Certaines informations de contexte sont explicitement données au système, comme le nom de l'utilisateur, son âge, son adresse email, les variables d'environnement ou le registre. D'autres informations physiques primitives comme la lumière, la température ou des lectures de pression peuvent être acquises par l'intermédiaire d'un capteur.

La situation géographique et l'identité sont les deux fragments de contexte les plus fréquemment détectés.

“Les capteurs ne sont pas toujours précis ou fiables à 100%, tout particulièrement s'ils sont à usage unique. Le processus de récupération de l'information doit être tolérant à la défaillance potentielle d'un capteur. Toutes les informations recueillies doivent être assujetties à des contrôles de validité pour vérifier leur exactitude. La fusion des capteur est un moyen de remédier à cette difficulté.” [15]
Albrecht Schmidt, Michael Beigl, and Hans-W Gellersen.
There is more to context than location. Computers & Graphics, 23(6) :893–901, 1999.

FIGURE 1.3: La fiabilité des capteurs par Schmidt (1999)

Prenez l'exemple d'une centrale électrique, possédant de nombreuses sondes de température implantées à divers endroits d'un reacteur nucléaire. Le système doit prendre la décision de re-

froidir plus ou moins généreusement en fonction de ces informations sondées. La sous-estimation du contexte de température aurait des conséquences catastrophiques. Il semblerait judicieux de simplement calculer une valeur moyenne et/ou d'écarter les valeurs reportées qui manifestement diffèreraient trop des autres mesures. Cette méthode éviterait des prises de mesures drastiques du système sensible au contexte dans le but de corriger ce qu'il considère comme une variation de température, mais qui en réalité n'est que le résultat d'une panne de capteur.

1.3.5 Récupérer l'information

- **Modèle "Push"** - La source de contexte récupère l'information avant même qu'elle soit requise. Cela améliore indéniablement les performances, mais nécessite une consommation des ressources fréquente et considérable pour une information qui pourrait bien ne jamais être exploitée.
- **Modèle "Pull"** - Collecte l'information de contexte au moment opportun. Cela autorise le recueil d'information à la demande, mais expose le système aux latences réseaux et aux indisponibilités potentielles de certains services.

La méthode de d'acquisition des données de contexte est très importante lorsque l'on conçoit un système de cette nature, puisque c'est ce qui prédéfinit le style architectural du système. Chen (2003) [5] présente trois approches différentes pour acquérir l'information de contexte.

1.3.5.1 Capteur en accès direct

Cette approche est souvent utilisée dans les périphériques avec capteurs intégrés. Le logiciel client récupère l'information désirée directement depuis les sondes, i.e., il n'y a pas de couche supplémentaire pour obtenir et traiter les données du capteur. Les pilotes pour les capteurs sont raccordés à l'application, donc cette méthode de couplage étroit n'est utilisable que dans des cas très rares. Par conséquent, elle n'est pas adaptée pour les systèmes distribués.

1.3.5.2 Infrastructure intergicielle

L'approche intergicielle introduit une architecture en couches avec l'intention d'abstraire les détails de bas-niveau du processus de détection. La méthode est équivalente au modèle client-serveur, plus flexible que le widget puisqu'elle favorise l'indépendance de chacune des composantes du système. Chaque composante doit être en mesure d'effectuer les opérations suivantes : établir des connexions, envoyer et recevoir des messages et gérer les erreurs. Cet modèle est plus complexe de manière significative, mais l'approche est plutôt aisée puisqu'elle supporte un grand nombre de périphériques et d'applications sans l'utilisation de normes de codage et des protocoles réseaux standards.

1.3.5.3 Serveur de contexte

Cette approche distribuée élargie l'infrastructure basée sur les intergiciels en introduisant un gestionnaire d'accès distant. Les données recueillies par les capteur sont déplacées vers ce dit "serveur de contexte" dans le but de faciliter les accès currents.

1.3.6 Les architectures de gestion de contexte

Winograd (2001) [19] décrit trois modèles différents afin de coordiner les processus et composantes multiples :

- **Widgets** L'objectif clé du widget est distinguer l'application du processus d'acquisition de contexte, de manière d'abstraire la complexité que représente le recueil et la gestion de l'information de contexte. Le widget est considéré comme un médiateur qui transmet exclusivement des informations pertinentes à l'application. Un widget de contexte fonctionne totalement indépendamment de l'application, cet qui permet à plusieurs applications d'en faire usage simultanément. Le widget est notamment responsable de l'entretien d'un historique complet du contexte sondé au fil du temps. C'est le modèle le plus répandu.
- **Services réseaux** Cette approche plus flexible, comme l'argumente Hong and Landay (2001) [11], ressemble à l'architecture de serveur de contexte. Au lieu d'un gestionnaire de widget centralisé, des techniques sont utilisées pour découvrir les services réseaux dans l'infrastructure. Cette approche basée sur les services n'est aussi performante que l'architecture basée sur les widgets à cause de la complexité des composants orientés réseaux, mais fournit une certaine robustesse.
- **Tableau noir (Blackboard)** En contraste avec la vue orientée processus du widget et le modèle orienté services, le tableau noir représente un approche orientée sur les données. Cete approche donne un focus tout particulier aux données, correspondant des motifs spécifiques dans les données. Dans ce modèle asymétrique, les processus envoient de messages dans un média partagé, le dit "tableau noir", et souscrivent à recevoir des notifications lorsque certains événements se produisent. Les avantages de ce modèles résident dans la simplicité de configuration et d'ajout de nouvelles sources de contexte.

1.3.6.1 Critères d'arbitrage

Afin de définir au mieux quel modèle choisir dans la mise en place d'un système sensible au contexte, il est avisé de considérer les caractéristiques suivantes :

- **Efficacité** : accélérer le débit de l'information compte tenu de la bande passante et de la latence causée par l'explosion du nombre d'applications et de périphériques dans le réseau.

- **Effort de configuration** : compte tenu de la quantité variable de composants, effectuer des changements dans l'état de la configuration, sans engendrer des perturbations ou mettre le système en échec, n'est pas une tâche fastidieuse. Le modèle doit s'assurer que l'édition est sans danger.
- **Robustesse** : Le degré auquel le système peut faire face à la défaillance
- **Simplicité** :
 - un système qui nécessite une compréhension avancée des mécanismes qu'il implémente pour faire l'usage, ne sera utilisé que par ceux qui auront le dévouement et la motivation de le maîtriser [19]
- **Extensibilité** :
 - Les services supportant la notion générale de contexte doivent être facilement extensible pour accueillir toute nouvelle source d'information de contexte non-anticipée. [9]

Ces critères peuvent être utilisés pour comparer et contraster les différents modèles de gestion de contexte présentés précédemment.

Le modèle widget a lien très étroit avec les composantes système, ce qui en fait le modèle de plus efficace dans certaines circonstances. Il souffre malheureusement d'une configuration très complexe et est impuissant face à l'échec. Le modèle d'infrastructure, constitué de composants indépendants, est très convoluté, mais cela ne semble pas être un facteur de désignation pour de nombreux développeurs. Toutefois, la configuration est simple et le système est robuste, ce qui compense le critère négatif de difficulté de compréhension. Pour finir, le modèle tableau noir avec des composants très faiblement liés présente des problèmes d'efficacité, mais il reste simple, robuste et très facilement configurable. [19]

*Terry Winograd. Architectures for Context.
Human-Computer Interaction, 16(2) :401-419, December 2001.*

FIGURE 1.4: Comparaison des différents modèles de gestion de contexte par Winograd (2001)

1.3.7 Représentation du contexte

Il existe plusieurs manières de modéliser l'information de contexte :

- **Clé-Valeur** : La structure de données la plus simple pour modéliser le contexte. Elle est très fréquemment utilisées dans les framework de services, où les paires clé-valeur servent à décrire les aptitudes d'un service.
- **Langage de balisage** : Structure de données consisté de balises avec des attributs et des contenus associés.
- **Graphique** : Langage de Modélisation Unifié (UML), extension de la Modélisation Role Objet (ORM) par le contexte.

- **Orienté objet** : Exploite tout la puissance de modélisation objet : l’encapsulation, la réutilisabilité, l’héritage. Les approches existantes utilisent des objets variés pour représenter différents types de contextes, et encapsule les détails du traitement et de la représentation du contexte.
- **Logique** : Haut degré de formalité. Typiquement, des faits, des expressions et des règles sont utilisés pour définir le modèle de contexte.
- **Basé sur les ontologies** : Représente une description des concepts et des relations. Cet outil est très prometteur pour modéliser l’information contextuelle, grâce à son expressivité élevée et très formelle et les possibilités d’appliquer des techniques de raisonnement propres aux ontologies.

La conclusion de l’évaluation présentée par Strang et Linnhoff-Popien [17], basé sur six critères d’exigences, montre que les ontologies incarnent de loin le modèle de plus expressif et comblent la plupart de ces exigences.

Korpipää et al. [13] présente un ensemble de conditions requises et d’objectifs dans la conception d’une ontologie de contexte :

- **Simplicité** : Les expressions et relations définies doivent être les plus simples possible pour ne pas décourager les développeurs d’applications.
- **Flexibilité et extensibilité** : L’ontologie doit supporter l’ajout de nouveaux éléments de contextes et de relations.
- **Généricité** : L’ontologie ne doit pas être limitée à un seul type d’atome de contexte, mais au contraire supporter un maximum de formats pour l’information de contexte.
- **Expressivité** : L’ontologie doit permettre de décrire le plus d’états de contexte possibles et de manière la plus détaillée qu’il soit.

Un atome de contexte peut être décrits à l’aide de quelques attributs seulement. Les deux attributs les plus évidents sont :

- **Type du contexte** : Catégorie dans laquelle s’inscrit le contexte, qu’il s’agisse d’une donnée de température, temporelle, de vitesse ou d’accélération, etc. L’information de genre peut être utilisée en tant que paramètre dans une requête ou une souscription pour certain type de contexte.
- **Valeur du contexte** : Les données brutes recueillies par une sonde. L’unité dépend très étroitement du type de contexte et du capteur dont l’information provient, e.g., degré Celcius, kilomètres par heure, mégabit, etc.

Le type et la valeur du contexte ne sont néanmoins pas des informations suffisantes obtenir un système sensible au contexte opérationnel. En effet, d’autres attributs supplémentaires doivent être mis en oeuvre dans un atome de contexte pour améliorer sa concision :

- **Horodatage** : Valeur de type date/heure représentative de l’instant à laquelle l’information de contexte a été capturée. Elle est requise dans l’élaboration d’un historique du contexte ou même

le traitement des conflits de détection.

- **Source** : Comment l'information a-t-elle été recueillie? Dans le cas d'un capteur matériel, l'identifiant de la sonde doit être conservé pour permettre à une application de préférer les information provenant de ce capteur en particulier.
- **Confiance** : L'incertitude confiée à l'information sondée. Toutes les sources de données ne fournissent pas une information juste, les données de situation géographique souffrent d'une imprécision certaine intrinsèquement liée à la puce GPS utilisée.

1.3.8 Interprétation du contexte

L'interprétation fait référence au processus d'élévation du niveau d'abstraction d'un fragment de contexte [8]

Anind Dey, Gregory Abowd, and Daniel Salber.

A Conceptual Framework and a Toolkit for Supporting the Rapid Prototyping of Context-Aware Applications.
Human-Computer Interaction, 16(2) :97–166, December 2001.

FIGURE 1.5: Interprétation du contexte par Dey (2001)

Après avoir détecté, récupéré et sauvegardé le contexte provenant de sources variées, le système sensible au contexte devra implémenter des mécanismes d'interprétation du contexte, de sorte que les informations recueillies soit utilisées de manière convenable. Cette étape d'interprétation implique l'intégration des plusieurs contexte en un seul et unique contexte de plus haut niveau. Ainsi, l'interprète modifie les informations de contexte en augmentant son niveau d'abstraction. Une approche est d'utiliser la fusion de contexte pour convertir des informations de bas niveau en un contexte global directement à la portée des applications.

1.3.9 Framework conceptuel en couches

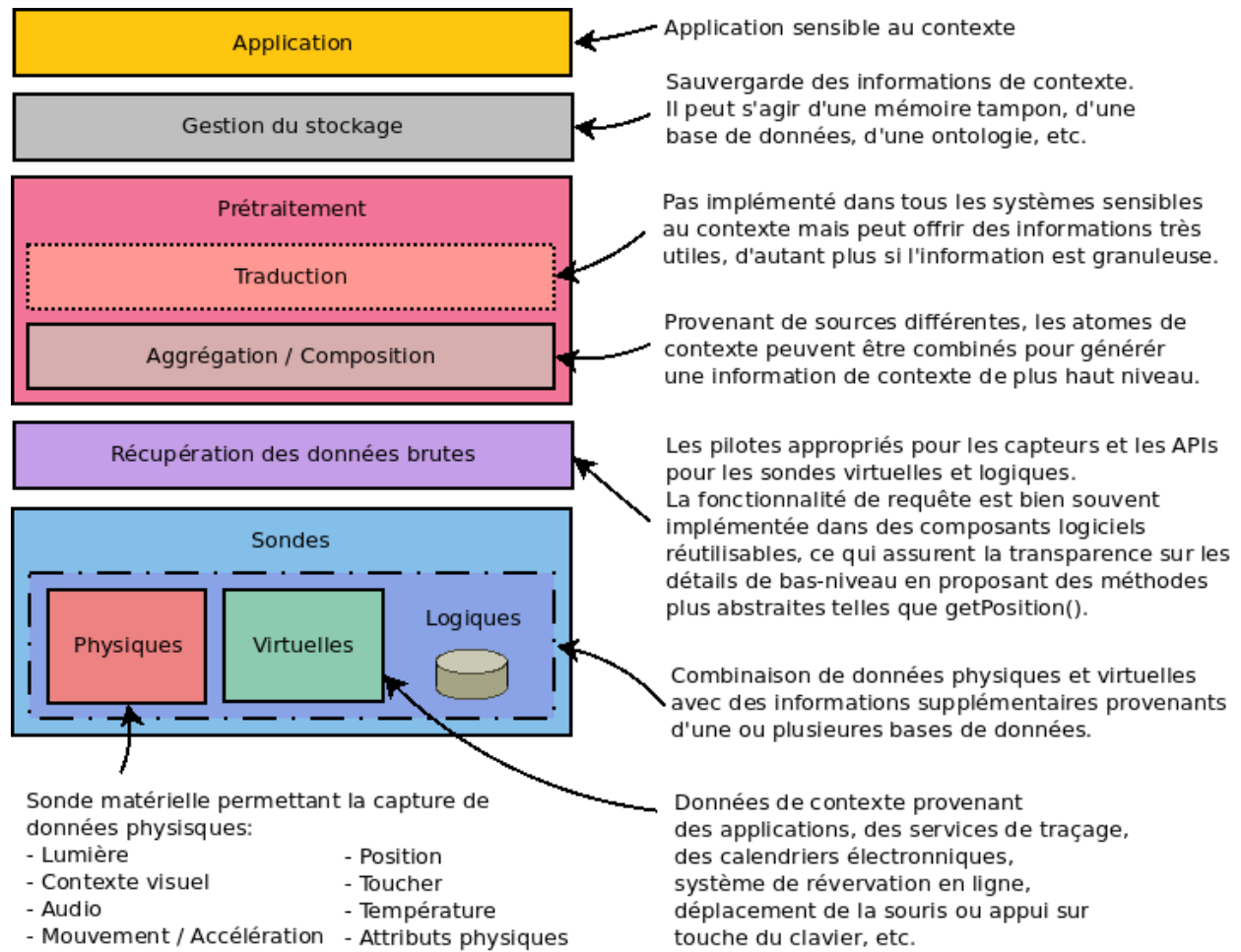


FIGURE 1.6: Framework conceptuel d'un système sensible au contexte

1.3.10 Sécurité et confidentialité

La confidentialité est intrinsèquement liée au contrôle. [3]
 Mark Ackerman, Trevor Darrell, and Daniel Weitzner. *Privacy in Context.*
Human-Computer Interaction, 16(2) :167–176, December 2001.

FIGURE 1.7: La confidentialité par Ackerman (2001)

Comme le contexte est susceptible de contenir des informations sensible sur des personnes, leur situation géographique ou leur activité par exemple, il est nécessaire de protéger le caractère personnel de ces données. Les systèmes sensibles au contexte soulèvent des défis en termes de confidentialité inhabituels et inconsiderés par les systèmes traditionnels. La question quant au contrôle des différents capteurs et services n'est pas abordée dans Dey et al. [8], et bien souvent, des applications telles

que le Context Toolkit sont supposées être sous le contrôle d'un "utilisateur". Les utilisateurs sont assignés comme propriétaires des données sondées par leurs soins. Ils sont par ailleurs autorisés à octroyer l'accès à ces données à d'autres utilisateurs.

Néanmoins, en ce qui concernent les sondes capables de déterminer la présence d'individus dans une pièce ou à tout autre endroit, il n'existe aucune préconisations à ce sujet. C'est un point toutefois critique.

D'une manière générale, dans un environnement mettant à disposition un certain éventail d'applications sensibles au contexte, un individu opère à travers de multiples environnements sociaux, qui eux même font l'usage des données d'un grand nombre d'autres individus.

Aspects souvent négligés, la sécurité et la confidentialité font partie des composantes les plus importantes d'un système sensible au contexte, car la protection des données sensibles doit être garantie.

1.4 Systèmes et frameworks existants

Le tableau 1.1 met en concurrence les principaux aspects des approches existantes discutées précédemment. Le style architectural d'un système sensible au contexte dépend en grande majorité de la méthode d'acquisition des informations de contexte. Le principal critère permettant de qualifier une approche architecturale comme raisonnable est la démarcation claire entre l'acquisition de contexte et les composantes de l'utilisateur proposée par Dey (2000) [7]. Tous les frameworks présentés dans ce mémoire supportent cette scission des préoccupations.

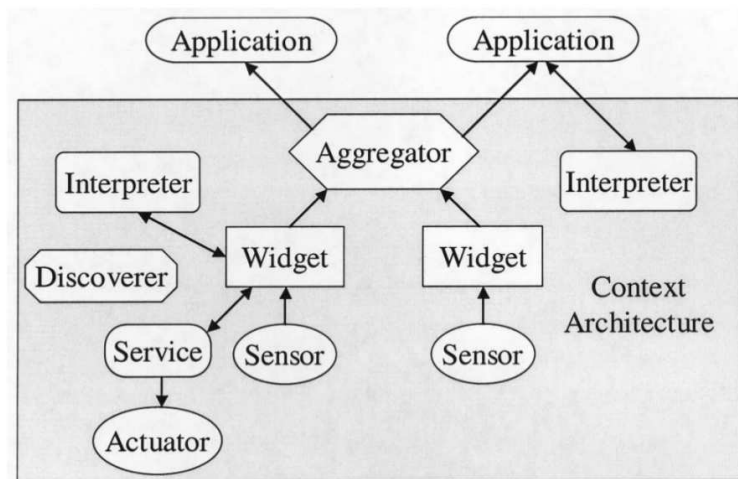


FIGURE 1.8: Exemple de configuration des composants du Context Toolkit

Architecture	Detection	Modèle de contexte	Traitement du contexte	Découverte de ressources	Données de contexte historiques	Sécurité et confidentialité	
CASS	Intergiciel centralisé	Noeuds de capteurs	Modèle de données relationnel	Moteur d'inférence et base de connaissance	n.a.	Disponible	n.a.
Cobra	Basée sur les agents	Modèle d'acquisition de contexte	Ontologies (OWL)	Moteur d'inférence et base de connaissance	n.a.	Disponible	Politiques en langage Rei
Context Management Framework	Basée sur le "tableau noir" (blackboard)	Serveurs de ressources	Ontologies (RDF)	Service de reconnaissance de contexte	Serveurs de ressources + Mécanisme de souscription	n.a	n.a.
Context toolkit	Basée sur les widgets	Widgets de contexte	Tuples attribut-valeur	Interprétation et aggrégation du contexte	Composant de découverte	Disponible	Propriété de contexte
CORTEX	Modèle d'objet sensible	Framework de composants de contexte	Modèle de données relationnel	Framework de découverte de services	Framework de gestion des composantes ressources	Disponible	n.a.
Gaia	MVC (étendu)	Fournisseurs de contexte	Prédicats quaternaires (DAML + OIL)	Module de contexte de service (logique de premier ordre)	Service de découverte	Disponible	Supporté (e.g., traçage sécurisé, confidentialité de localisation, contrôle d'accès)
Hydrogen	Architecture trois couches	Adapteurs variés pour les types de contexte	Orienté objet	Interprétations et aggrégation des données brutes seulement	n.a.	n.a.	n.a.
SOCAM	Distribué avec serveur central	Fournisseur de contexte	Ontologies (OWL)	Raisonneur contextuel	Service de localisation de service	Disponible	n.a.

TABLE 1.1: Comparaison des framework existants pour la gestion de contexte

1.4.1 Technologies de détection

Dans chaque framework, la technologie de detection est implémentée différemment. Afin de garantir la séparation detection/composants susmentionnée, il est préférable d'encapsuler le mécanisme concret de détection dans des composantes séparées. De plus, cela permet un accès aux données de contexte par le biais d'interfaces définies. Il n'existe aujourd'hui aucun langage de description ou d'ontologie permettant la réutilisation de l'information de contexte à travers les différents integiciels et frameworks. Par conséquent, des solutions propriétaires ont vu le jour et sont utilisées par de nombreux frameworks. Pour la detection d'information de contexte, SOCAM implémente l'approche la plus sophistiquée : des services web fournissent de APIs (à l'aide de SOAP) pour les sondes virtuelles externes et les sondes internes sont interrogées par l'utilisation d'événements contextuels. Ces événements de contexte sont modélisés en OWL et basés sur une ontologie prédéfinie.

1.4.2 Représentations du contexte

Afin d'obtenir des applications et services sensibles au contexte intelligents et adaptables, le modèle et la logique de traitement du contexte pris en charge individuellement par chaque framework est un critère majeur. Les ontologies offrent un formalisme très riche pour représenter l'information de contexte. Basé sur un modèle ontologique très sophistiqué, les raisonneurs peuvent dériver de

nouveaux concepts et ajuster le comportement d'un service en conséquence. La représentation clé-valeur utilisée dans le Context Toolkit est donc un inconvénient majeur. Le fait que de tels attributs ne peuvent contenir aucune sémantique restreint de manière considérable de le développement de procédés de traitement et d'aggrégation de contexte. De plus, les modèles non-basés sur les ontologies nécessite un effort de programmation conséquent et couplent très étroitement le modèle de contexte avec le reste du système. En outre, le raisonnement et le partage de connaissances à travers les systèmes sont impossibles en raison du manque de sémantique déclarative des programmes. SOCAM, par exemple, fait l'usage d'une ontologie générale de haut niveau pour spécifier des propriétés contextuelles de base communes et pour affiner cette même ontologie. Dans le but de fournir des possibilités très granuleuses pour la spécifier et formaliser le contexte, certaines ontologies spécifiques à un domaine peuvent être définies.

1.4.3 Découverte de ressources

Les mécanismes de découverte de nouvelles ressources sont très rarements implémentés malgré l'importance d'un tel dynamisme, surtout dans un environnement ubiquitaire, où les sources de contexte et les sondes disponibles changent constamment. SOCAM est le seul système basé sur une architecture orientée services. Il offre un service de localisation de service, qui se raccorde dynamiquement aux fournisseurs de contexte disponibles. Cette fonctionnalité manquante à la plupart des frameworks est en effet un tort puisque cela implique que les sources de contexte utilisées doivent être stables et disponibles en permanence, ce qui n'est pas toujours le cas dans les applications du monde réel. Si une ou plusieurs sources de contexte se comporte mal, cela pourrait déboucher à disponibilité réduite des services et des applications sensibles au contexte.

1.4.4 Gestion du contexte historique

De la même manière, la majorité des frameworks conservent un historique des données de contexte, mais aucun d'entre eux ne les exploitent vraiment. Pourtant, cela pourrait permettre de fournir des services sensibles au contexte fortement adaptables, si le contexte historique était utilisé pour implémenter des algorithmes d'auto-apprentissage. De plus, l'information de contexte pourrait même être anticipée pour offrir proactivement un ensemble de services à l'utilisateur.

1.4.5 Sécurité et confidentialité

Un autre aspect important à ne pas négliger est la sécurité et la confidentialité. L'information de contexte le plus souvent considère le profil utilisateur et d'autres informations sensibles. Pour cette raison, des concepts sont requis pour exprimer des règles politiques et définir la propriété de

l'information de contexte.

CoBrA inclus son propre langage de définition de politiques appelé Rei [12], pour contrôler de manière flexible les accès aux données de contexte. Ce langage de définition de politiques est calqué sur les concepts déontiques de droits, d'interdictions, d'obligations et de dispenses, et contrôle l'accès aux données grâce à des règles de politique modifiables dynamiquement et dépendantes d'un domaine particulier. Gaia fait l'usage de plusieurs mécanismes pour définir les restrictions en termes de confidentialité et pour sécuriser les communications lors de localisations d'individus. Le Contexte toolkit implémente le concept de propriété des informations de contexte, qui autorise seulement au propriétaire des informations de consulter les données sondées.

L'aspect sécurité n'est pas implémenté dans les autres frameworks. De nombreux systèmes sont totalement dépourvus de modèles de sécurité, d'autres offrent des mécanismes de sécurité très génériques et seulement quelques systèmes sont dotés d'options de sécurités avancées et suffisantes.

1.4.6 Conclusion

Chacun des systèmes et frameworks présentés dans cet état de l'art implémentent leur propre format pour la description des informations de contexte et des mécanismes de communication dissemblables. La définition d'un modèle standard d'abstraction des données de contexte semble être la priorité première dans l'évolution des systèmes sensibles au contexte existants. Si le degré de sophistication des systèmes distribués font leur force de calcul, leur extrême complexité sont souvent la cause de leur boycott. Le modèle issu de cette étude devra être simple, accessible, extensible et doté d'un haut degré de formalisation.

Chapitre 2

Problématiques émergentes et orientations de recherche

Dans ce mémoire, nous avons décrits diverses modèles et principes de conception d'un système sensible au contexte et présenté une multitude d'intergiciels et d'approches distribuées pour simplifier la configuration d'application sensibles au contexte. De cet état de l'art se dégagent plusieurs problématiques dans le développement d'un système de configuration basé sur le contexte auxquelles nous nous tenterons d'apporter une solution.

2.1 Intergiciel et détails d'implémentation

Le besoin d'un nouvel intergiciel se fait sentir du côté de l'implémentation. Les technologies intergicielles actuelles ne sont pas adaptées pour la prise en considération des restrictions imposées par la mobilité et les systèmes environnementaux intelligents : connexions volatiles, traitements et restrictions mémoire sur les périphériques mobiles, canaux de communication étroits, écrans réduits, mécanismes d'entrées restreintes, et la liste continue. Il existe néanmoins une gamme d'implémentations de systèmes sensibles au contexte dans la littérature avec quelques prototypes fonctionnels :

- **Hydrogen** [10] : une architecture en trois couches.
- **Gaia** [6] : une autre infrastructure intergicielle, étend les caractéristiques génériques des systèmes d'exploitation pour y incorporer la sensibilité au contexte.
- **CybreMinder** [2] : un système sensible au contexte permettant de générer des messages de rappel.
- **Context Toolkit** [8] : une architecture basée sur les widgets.

2.2 Représentation des informations de contexte

L’une des principales innovations à apporter dans les infrastructures d’applications sensibles au contexte réside dans l’introduction d’une interface présentant un niveau d’abstraction élevé. Cela permettrait de représenter la connectivité des composants applicatifs avec les politiques de haut niveau qui la régissent. Cette couche doit rester simple d’utilisation pour les développeurs d’applications, et le modèle améliorer simultanément l’automatisation et la sécurité.

2.2.1 Ontologie de contexte

La représentation des informations de contexte est grande préoccupation. Nous avons présenté dans ce mémoire une approche basée sur les ontologie très générique. Elle est basée sur quatre concepts fondamentaux : utilisateur, environnement, plateforme et ressources. Actuellement, les ontologies sont surtout utilisées pour permettre la communication entre les différents périphériques dans le même réseau. Comme proposé par le ContextUML [16], le Langage de Modélisation Unifié (UML) peut également être utilisé pour modéliser le contexte. Ces modèles pourrait être utilisés pour séparer la définition et l’information liée au contexte de l’implémentation spécifique. Il existe d’autres caractéristiques qui font que l’information de contexte est difficile à modéliser : comme abordé précédemment, il est parfois nécessaire de différencier une information statique d’une information dynamique.

2.3 Règles sémantiques

Un autre domaine de recherche concernerait l’utilisation de règles pour exprimer les comportements souhaités en termes d’éléments de haut-niveau. Des langages de définition de règles sont utilisés dans certains cas pour obtenir la sensibilité au contexte. CRIME [14] par exemple, est une implémentation prototypique du modèle Fact Space, qui est un langage de coordination fournissant aux applications une vue de leur environnement. Les règles CRIME décrivent le comportement des applications conformément à l’information de contexte. CRIME traite également les déconnexions en invalidant les faits et conclusions qui sont tirés des périphériques qui ne sont plus disponibles dans l’environnement.

2.3.1 Théorie de promesse

Le modèle permettant la définition des politiques d’administration serait un modèle orienté sur les ontologies et basé sur la théorie de la promesse. Celle-ci s’appuie sur un contrôle évolutif des objets

intelligents, contrairement aux modèles impératifs plus traditionnels pensés comme des systèmes de gestion descendants. Dans ces derniers, le gestionnaire central doit être informé des commandes de configuration des objets sous-jacents et de l'état actuel de ces objets.

Au sein du contexte, le modèle fournit une série d'objets qui définissent l'application. Les objets englobent les terminaux, les groupes de terminaux et les politiques qui définissent leur relation.

L'infrastructure conçoit un modèle d'objet pour le déploiement d'applications, ces dernières constituant le point central. Historiquement, les applications étaient limitées par les capacités du réseau et par des configurations visant à prévenir leur utilisation abusive. Des concepts tels que l'adressage, le VLAN et la sécurité sont depuis toujours intimement liés, ce qui limite l'évolutivité et la mobilité des applications. Alors que les applications sont redessinées pour la mobilité et l'évolutivité web, cette approche traditionnelle empêche leur déploiement rapide et homogène.

2.3.2 Principes de fonctionnement

2.4 Algorithmes de consensus

2.4.1 Algorithme de Paxos

2.4.2 Algorithme de Raft

Raft est un algorithme de consensus qui est conçu pour être facile à comprendre. Il est équivalent à Paxos dans la tolérance aux pannes et en termes de performance. La différence, c'est qu'il est décomposé en sous-problèmes relativement indépendants, et il traite de manière rigoureuse toutes les pièces majeures nécessaires pour obtenir un système cohérent.

Le consensus est un problème fondamental dans les systèmes distribués tolérants aux pannes. Consensus implique de multiples serveurs acceptant des valeurs. Une fois qu'ils atteignent une décision sur une valeur, cette décision est définitive. Les algorithmes de consensus typiques sont amenés à faire des progrès lorsque la majorité de leurs serveurs sont disponibles, par exemple, un cluster de 5 serveurs peut continuer à fonctionner même si deux serveurs ne sont plus disponibles. Si plusieurs serveurs échouent, ils cessent de faire des progrès (mais ils ne retourneront jamais de valeurs erronées)

2.5 Vue d'ensemble

Comme on le voit 2.1

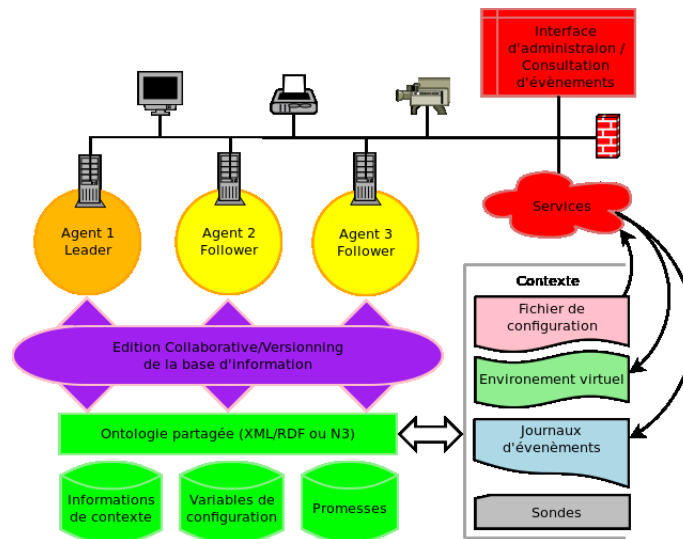


FIGURE 2.1: Schéma d'implémentation du système multi-agents

Chapitre 3

Simulation

3.1 Ontologie pour un gestionnaire de configuration basé sur la théorie de la promesse

3.1.1 Entités de l'ontologie

- **Machine** est n'importe quel périphérique en mesure d'accepter et de traiter des informations pour fournir le résultat désiré basé sur un programme ou une séquence d'instructions sur comment les données doivent être traitées.
- **Computers** sont le type principal de machines dans cette étude. C'est pourquoi les deux terminologies sont interchangeables dans diverses sections de ces travaux. Les ordinateurs personnels (PCs), les ordinateurs portables et les serveurs héritent tous de ce type.
- **Operating System** est un programme faisant le pont en les composants logiciels et les composants matériels sous-jacents d'une machine. Le système d'exploitation est une entité comportant plusieurs sous-classes disjointes telles que Windows XP, OS X ou Linux.
- **Packages** sont les programmes applicatifs conçus pour servir un but spécifique comme distribuer un service local, réseau ou web sur une ou plusieurs machines. Le paquet Apache est en bon exemple d'entité conçue pour activer un service web.
- **Service** est une fonctionnalité spécifique d'un système informatique comme un service web ou réseau offert par une machine. Un processus qui est défini dans ce document comme un ensemble ou d'une partie d'un ensemble de mesures permettant la fourniture de services en exécutant des activités réelles en tâche de fond.
- **Command** est un utilitaire pouvant être utilisé par les utilisateurs pour démarrer un processus spécifique, à la condition qu'il n'existe pas de planification pour l'exécution de cette même tâche. Un très bon exemple permettant d'illustrer cette relation entre ces deux entités serait un web service, qui nécessite qu'un processus tel que "httpd" soit démarré en arrière plan à l'aide de la

commande ”

```
httpd start
```

- **Storage** est une partition logique d’un média de stockage physique qui sert principalement d’hôte pour les différents types de fichiers. Un fichier est défini comme une collection d’informations complète comme un programme, un ensemble de données utilisées par un programme ou un document créé par un utilisateur.
- **Interface** est défini comme un périphérique permettant l’accès à un réseau par une machine.

3.1.2 Propriétés objets de l’ontologie (Relations)

- **Caused By** : Un type d’association où une entité joue le rôle d’affecter l’autre en changeant son état de l’état X à l’état Y.
- **Configured By** : Quand une entité X peut apporter les changements nécessaires à l’entité Y pour lui permettre d’accomplir ses objectifs et ses intentions. Le lien entre une machine et un progiciel de gestion de configuration comme CfEngine 3 est un exemple typique de ce type de relations.
- **Edited By** : Décrit qu’un fichier peut être modifié par un éditeur tel que l’utilisateur du fichier à certaines fins.
- **Managed By** : Si X est responsable du bon fonctionnement de Y dans l’accomplissement de son objectif, X est dit manager de Y. Le fait qu’une entité hérite de ce rôle implique une supervision constante et des prises de mesures lorsqu’intervient une déviation dans le comportement souhaité.
- **Monitoring By** : La supervision est principalement la responsabilité de garder un oeil sur quelque chose. Si une entité X supervise Y, elle surveille une quelconque altération de comportement pour en informer le ou les managers en charge de cette entité.
- **Component Of** : La relation entre une entité X, composant d’une entité plus globale Y qui joue le rôle d’encapsulateur pour ce composant X.
- **Owned By** : La propriété est un type de relation pouvant exister entre entité devenue possession et son propriétaire. Le lien entre un fichier et son propriétaire est un exemple de cet type d’association.
- **Promised By** : La relation en une promesse et l’entité qui la formule.
- **Required By** : Si X dépend de Y dans l’accomplissement de ses intentions, la relation entre ces deux entités est de type ”Required By”.
- **Runs On** : Si l’entité X exerce ses activités ou son exécution sur l’entité Y, la relation est appelé ”Runs On”.
- **Written By** : La relation entre une écriture X et son auteur Y.
- **Used By** : Si une entité X fait l’usage d’une entité Y à n’importe quelle moment de son exercice, la relation est de type ”Used By”.
- **Started By** : Quand une entité X est responsable du démarrage d’une entité Y ou qu’elle commence à se comporter d’une certaine manière, l’association est dite de type ”Started By”.

- **Provided By** : Quand une entité X a le potentiel et la bonne volonté de fournir quelque chose à une autre entité Y, la relation entre ces deux entités est appelée "Provided By".
- **Installed By** : Une entité X peut mettre en place un programme Y dans une machine de manière à accomplir son but recherché. La relation existante entre X et Y est alors de type "Installed By".
- **Contained In** : Si une entité X est contenue dans Y, physiquement ou conceptuellement, la relation est de type "Contained In".

3.1.3 Propriétés de données de l'ontologie (Attributs)

- **AllowConnectFrom** : Liste d'adresses IP ou de nom d'hôtes susceptibles d'avoir plus d'une connexion au port d'un serveur.
- **CheckForeign** : Indique s'il est nécessaire de vérifier les autorisations sur le répertoire racine lors de la recherche de la profondeur.
- **CheckRoot** : Liste de nom d'hôtes ou d'adresses IP auxquels accorder un droit de lecture sur le serveur.
- **ForceIpv4** : Indique s'il y a un usage forcé de l'adresse IP pour les connexions.
- **IsMachineVirtualized** : Indique si une machine est virtuelle ou non.
- **PackageFileRepository** : Liste de répertoires locaux à la machine pour la recherche de paquets.
- **TrustKeyFrom** : liste des hôtes pour lesquelles une machine acceptera les clés publiques sur base de la confiance. Définition des types d'occurrences qui sont liés avec le type d'entité stockage sont répertoriés ci-dessous. Un stockage est une partition logique d'un support de stockage physique.
- **FreeSpace** : Pourcentage minimum ou absolu d'espace disque devant être disponible sur le support de stockage avec de lever un avertissement.
- **MountType** : Type de protocole d'un système de fichier distant.
- **FileSystemFlag** : Liste des options de menu à définir pour les drapeaux de système de fichiers BSD.
- **Atime** : Plage temporelle d'accès pour les fichiers admissibles.
- **SecureInput** : Indique si les fichiers d'entrée sont accessibles en écriture pour les utilisateurs non-autorisés.
- **MountType** : L'option de menu pour le type de liens à utiliser lors de la copie comme le lien symbolique et le lien physique.
- **AuditingEnabled** : Indique si la fonctionnalité de journal d'audit d'un paquet est activé ou non.
- **LogLevel** : Le niveau de rapport envoyé à syslog.
- **Architecture** : L'architecture relative à la section de paquets comme "x86-64" ou "i386".
- **BuildsOn** : Liste de groupement de promesses sur lesquelles s'appuie ou dépend une promesse d'une certaine manière (pour la gestion des connaissances)
- **HomeDirectory** : Répertoire contenant les fichiers personnels d'un utilisateur.

```

#include <iostream>
int main(int argc, char** argv) {
    std::cout << "Hello World." << std::endl;
    return 0;
}

```

FIGURE 3.1: Example source code.

- **ShellAccount** : Compte personnel donnant accès à une invite de commande Unix.
- **Module** : Indique s’il faut s’attendre à un protocole de module CfEngine.

3.2 Conclusion

Component technologies will play a fundamental role in the next generation computer systems as the complexity of software and the diversity and pervasiveness of computing devices increase. However, component technologies must offer mechanisms for automatic management of inter-component dependencies and component-to-resource dependencies. Otherwise, the development of component-based systems will continue to be difficult and frequently lead to unreliable and non-robust systems.

Future ubiquitous computing environments will be composed of thousands of devices running millions of software components. Current systems rely heavily on manual configuration but with a system composed of millions of components this will no longer be possible. There are only two ways out of this situation : static configuration or dynamic, automatic configuration

Since future environments tend to be more and more dynamic, automatic configuration seems to be the only viable solution.

Bibliographie

- [1] G. D. Abowd, C. G. Atkeson, J. Hong, S. Long, R. Kooper, and M. Pinkerton. Baltzer journals september 23, 1996. 1997.
- [2] G. D. Abowd, M. Ebling, G. Hung, H. Lei, and H.-W. Gellersen. Context-aware computing [guest editors' intro.]. *Pervasive Computing, IEEE*, 1(3) :22–23, 2002.
- [3] M. Ackerman, T. Darrell, and D. J. Weitzner. Privacy in context. *Human-Computer Interaction*, 16(2-4) :167–176, 2001.
- [4] C. Catharina and Kari. Context aware management architecture, 2002.
- [5] H. Chen, T. Finin, and A. Joshi. An intelligent broker for context-aware systems. In *Adjunct proceedings of Ubicomp*, volume 3, page 183–184, 2003.
- [6] S. Chetan, J. Al-Muhtadi, R. Campbell, and M. D. Mickunas. Mobile gaia : a middleware for ad-hoc pervasive computing. In *Consumer Communications and Networking Conference, 2005. CCNC. 2005 Second IEEE*, page 223–228. IEEE, 2005.
- [7] A. K. Dey. *Providing architectural support for building context-aware applications*. PhD thesis, Georgia Institute of Technology, 2000.
- [8] A. K. Dey, G. D. Abowd, and D. Salber. A conceptual framework and a toolkit for supporting the rapid prototyping of context-aware applications. *Human-computer interaction*, 16(2) :97–166, 2001.
- [9] M. Ebling, G. D. Hunt, and H. Lei. Issues for context services for pervasive computing. In *Middleware 2001 Workshop on Middleware for Mobile Computing, Heidelberg*, 2001.
- [10] T. Hofer, W. Schwinger, M. Pichler, G. Leonhartsberger, J. Altmann, and W. Retschitzegger. Context-awareness on mobile devices-the hydrogen approach. In *System Sciences, 2003. Proceedings of the 36th Annual Hawaii International Conference on*, page 10–pp. IEEE, 2003.
- [11] J. I. Hong and J. A. Landay. An infrastructure approach to context-aware computing. *Human-Computer Interaction*, 16(2) :287–303, 2001.
- [12] Kagal and Finin. A policy language for a pervasive computing environment. 2005.
- [13] Korpipää and Mäntyjärvi. An ontology for mobile device sensor-based context awareness. 2003.

- [14] A. L. Murphy and International Conference on Coordination Models and Languages. *Coordination models and languages : 9th international conference : proceedings*. Springer, Berlin, 2007.
- [15] A. Schmidt, M. Beigl, and H.-W. Gellersen. There is more to context than location. *Computers & Graphics*, 23(6) :893–901, 1999.
- [16] Q. Z. Sheng and B. Benatallah. ContextUML : a UML-based modeling language for model-driven development of context-aware web services. In *Mobile Business, 2005. ICMB 2005. International Conference on*, page 206–212. IEEE, 2005.
- [17] T. Strang and C. Linnhoff-Popien. A context modeling survey. In *Workshop Proceedings*, 2004.
- [18] S. Voidsa, E. D. Mynatt, B. MacIntyre, and G. M. Corso. Integrating virtual and physical context to support knowledge workers. *IEEE Pervasive Computing*, 1(3) :73–79, 2002.
- [19] T. Winograd. Architectures for context. *Human-Computer Interaction*, 16(2) :401–419, 2001.

Annexe A

Appendix Title

Supplementary material goes here. See for instance Figure A.1.

A.1 Lorem Ipsum

dolor sit amet, consectetur adipisicing elit, sed do eiusmod tempor incididunt ut labore et dolore magna aliqua. Ut enim ad minim veniam, quis nostrud exercitation ullamco laboris nisi ut aliquip ex ea commodo consequat. Duis aute irure dolor in reprehenderit in voluptate velit esse cillum dolore eu fugiat nulla pariatur. Excepteur sint occaecat cupidatat non proident, sunt in culpa qui officia deserunt mollit anim id est laborum.

“I am glad I was up so late,
for that’s the reason I was up so early.”
William Shakespeare (1564-1616), British dramatist, poet.
Cloten, in Cymbeline, act 2, sc. 3, l. 33-4.

FIGURE A.1: A deep quote.