



UNIVERSITÉ DE BOURGOGNE,
SOCIÉTÉ CADOLIS,
Dijon,

Élaboration d'un système de gestion de configuration sensible au contexte pour un réseau d'applications.

MÉMOIRE

MASTER RECHERCHE IMAGE INFORMATIQUE ET INGÉNIERIE

par

Ghislain Loaec

Tuteurs:
Nader Mbarek
Emmanuel Garette

2014

Table des matières

	Page
REMERCIEMENTS	v
LISTE DES FIGURES	vi
LISTE DES TABLES	vii
RÉSUMÉ	viii
1 État de l'art	1
1.1 Introduction	1
1.2 Contexte	2
1.3 Vue d'ensemble sur le contexte	2
1.3.1 Classes de contexte	2
1.3.1.1 Contexte virtuel	3
1.3.1.2 Contexte physique	3
1.3.1.3 Contexte historique	3
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	5
1.3.5.1 Capteur en accès direct	6
1.3.5.2 Infrastructure intergicielle	6
1.3.5.3 Serveur de contexte	6
1.3.6 Les architectures de gestion de contexte	6
1.3.6.1 Critères d'arbitrage	7
1.3.7 Représentation du contexte	7
1.3.8 Interprétation du contexte	9
1.3.9 Framework conceptuel en couches	9
1.3.10 Sécurité et confidentialité	10
1.4 Systèmes et frameworks existants	10
1.4.1 Technologies de détection	10
1.4.2 Représentations du contexte	11
1.4.3 Découverte de ressources	11
1.4.4 Gestion du contexte historique	12
1.4.5 Sécurité et confidentialité	12
1.5 Conclusion	12

2	Problématiques émergentes et choix technologiques	13
2.1	Introduction	13
2.2	Besoin d'un nouvel intergiciel	13
2.2.1	Elaboration d'un framework de gestion de configuration	14
2.2.2	Utilisation d'une base de gestion de configuration	14
2.2.3	Conception d'une ontologie de gestion de configuration	15
2.3	Représentation des informations de contexte	15
2.3.1	Conception d'un ontologie de contexte	15
2.3.1.1	Entités principales de l'ontologie	15
2.3.1.2	Propriétés objets principales de l'ontologie (Relations)	16
2.3.1.3	Propriétés de données principales de l'ontologie (Attributs)	17
2.3.1.4	Conception d'une ontologie de services	19
2.4	Règles sémantiques et politiques de comportement	19
2.4.1	Gestion basée sur des politiques (Policy-Based)	19
2.4.2	Choix d'un modèle de définition des politiques d'administration	20
2.4.3	Théorie de la promesse	20
2.4.3.1	CfEngine3 : une implémentation de référence de la théorie de la promesse	21
2.4.4	Gestion de configuration basée sur la théorie de la promesse	21
2.4.4.1	Données paramètres	21
2.4.4.2	Traitements	22
2.4.4.3	Résultats attendus	22
2.5	Consistance de l'information et tolérance à l'échec	22
2.5.1	Choix d'un algorithme de consensus	22
2.5.1.1	Choix du consensus de Raft	23
2.5.1.2	Caractéristiques des algorithmes de consensus	23
2.5.1.3	Architecture de machines à états répliquées	24
2.6	Conclusion	24
3	Validation et détails d'implémentation	25
3.1	Vue d'ensemble de la solution proposée	25
3.2	Gestionnaire de configuration basé sur la théorie de la promesse	26
3.2.1	Ontologie de contexte	26
3.2.2	Sondes de contexte	26
3.2.3	Système multi-agents	27
3.2.3.1	Consensus de Raft	27
3.2.3.2	Consistance de l'ontologie	28
3.2.4	Interface d'administration	29
3.3	Évaluation de la solution proposée	29
3.3.1	Limites de la solution	29
3.3.2	Perspectives d'évolution	30
3.4	Conclusion	30
A	Théorie de la promesse	33
A.1	Définition de la promesse	33
A.2	Caractéristiques de la promesse	33
A.3	Représentation et types de promesse : π -calculus	34
A.4	Processus de raisonnement lié à la promesse	35

B	Consensus de Raft	36
B.1	États des serveurs	36
B.2	Élection d'un <i>leader</i>	37
B.3	Réplication des journaux	37
C	Interface d'administration	38
C.1	Interface pour les définition des variables de configuration de bas niveau	38
C.2	Interface pour la consultation de l'ontologie	39
D	Présentation d'EOLE	40
D.1	Introduction	40
D.2	Modules EOLE	40
D.2.1	Amon	40
D.2.1.1	Principales fonctionnalités d'Amon	41
D.2.2	Scribe	41
D.2.2.1	Scribe est un contrôleur de domaine	41
D.2.2.2	Scribe est un système de messagerie articulé autour d'un annuaire performant	42
D.2.2.3	Scribe offre des services web =_ Envole 2.0	42
D.2.2.4	Scribe est un serveur d'authentification unique (SSO)	42
D.2.2.5	Scribe dispose d'une gestion avancée des utilisateurs et des postes clients	42
D.2.3	Horus	42
D.2.4	Éclair	43
D.2.5	AmonÉcole	43
D.2.6	Sphinx	44
D.2.7	Zéphir	44

REMERCIEMENTS

Je tiens tout d’abord à remercier mon tuteur M. Nader Mbarek pour m’avoir fait confiance, puis pour m’avoir guidé, encouragé et conseillé tout en me laissant une grande liberté dans la définition et les évolutions du sujet choisi. Mes remerciements vont également à M. Albert Dipanda sans qui ce stage n’aurait jamais été possible. Enfin, ces messieurs ont accepté d’être les rapporteurs de ce mémoire et je les en remercie, de même que pour leur participation au Jury.

Je ne sais comment exprimer ma gratitude à tous les salariés de la société Cadoles pour m’avoir permis de mener à bien ce stage dans les meilleurs conditions. Je remercie tout particulièrement M. Emmanuel Garette, gérant de la société, pour m’avoir suivi tout au long de ce stage et pour la gentillesse et la patience qu’il a manifestées à mon égard, ainsi que pour la pertinence de ses suggestions.

Je remercie tous ceux sans qui ce mémoire ne serait pas ce qu’il est : aussi bien par les discussions que j’ai eu la chance d’avoir avec eux, leurs suggestions ou contributions. Je pense ici en particulier à Daniel Dehennin et Gwenaël Rémond pour les conseils stimulants que j’ai eu le plaisir de recevoir et les orientations qu’ils ont donné à mes lectures.

Pour leurs encouragements et leur assistance morale, je remercie chaudement ma famille et mes amis. Merci à M. Romain Gauthier et Mlle. Camille Sintive pour avoir accepté d’effectuer un travail de relecture et qui par leur nombreuses remarques et suggestions a permis d’améliorer la qualité de ce mémoire, je leur en suis très reconnaissant.

Je remercie de plus tous les auteurs des programmes du domaine public que j’ai intensément utilisés durant ce stage, à savoir tous les contributeurs à $\text{T}_\text{E}\text{X}$, $\text{L}_\text{A}\text{T}_\text{E}\text{X}$, linux, xfig, Zotero et netlib. Sans eux, mes conditions de travail auraient sans doute été très différentes et beaucoup moins agréables. Bien que je ne les aie jamais rencontrés je remercie aussi E.Summers, D.Kresh et G.Higgins, et d’autres dont je ne connais pas le nom, car j’ai profité de leur librairie RFLib qui m’a beaucoup facilité l’approche des ontologies en langage Python. Je remercie également M. Lars Otten dont j’ai pillé allègrement les formats $\text{L}_\text{A}\text{T}_\text{E}\text{X}$.

Enfin, ces remerciements ne seraient pas complets sans mentionner M. Mark Burgess, M. Gregory D. Abowd et M. Anind K. Dey à qui la majorité du travail sur la configuration autonome est due et qui m’ont largement rendu grâce à leur profonde érudition sur le sujet.

Table des figures

	Page
1.1 Framework conceptuel d'un système sensible au contexte	9
2.1 Entités de l'ontologie	16
2.2 Propriétés objets de l'ontologie	17
2.3 Propriétés de données de l'ontologie	18
2.4 Procédé de réplication des machines à états	24
3.1 Schéma d'implémentation du système multi-agents	26
3.2 Capture et fusion des informations de contexte provenant des sondes	27
3.3 Validation de l'implémentation du consensus de Raft	28
3.4 Exemple de requête permettant de vérifier la consistance de l'ontologie	28
3.5 Évaluation des performances de l'ontologie	29

Liste des tableaux

Page

1.1 Comparaison des framework existants pour la gestion du contexte 11

2.1 Comparaison des algorithmes de consensus de Raft et de Paxos 23

RÉSUMÉ

Élaboration d'un système de gestion de configuration sensible au contexte pour un réseau d'applications.

Par

Ghislain Loaec

Master Recherche Image Informatique et Ingénierie

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. Ce mémoire a pour objectif d'apporter une approche simplifiée de la gestion de la configuration dans une infrastructure orientée sur les services. Cette approche conjugue des concepts tels que les ontologies, la théorie de la promesse et le consensus de Raft pour aboutir à un système multi-agents tolérant à l'échec. Les ontologies possèdent un haut degré de formalisme et serviront à modéliser les informations de contexte et les politiques de comportement. La théorie de la promesse ouvre de nouvelles perspectives sur la façon de gérer la configuration, notamment par l'introduction d'une dimension sémantique dans la définition de règles de gestion. Enfin l'algorithme de consensus de Raft permettra d'abstraire complètement les aspects de synchronisation entre les agents, de réplication de l'information et garantit une information toujours consistante.

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 certain, 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’informatique sensible au contexte est un paradigme dans lequel les applications 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 dans un premier temps les principes communs à chacune des solutions existantes. Ces concepts seront résumés à l’aide d’un framework conceptuel dérivé par couches. Nous présenterons une certaine variété d’infrastructures et d’intergiciels reconnus pour faciliter la configuration d’applications et de services basés sur le contexte. Dans un second temps, nous proposerons un modèle d’abstraction des informations de contexte basé sur les ontologies. Ce modèle met en corrélation des concepts tels que le consensus de Raft et la théorie de la promesse pour aboutir à un système distribué permettant la coordination d’informations de contexte. Enfin, nous apporterons une preuve de concept par une implémentation du modèle en langage Python.

1.2 Contexte

De nombreux débats ont eu lieu et continuent de voir le jour sur le sens du contexte et de l'informatique sensible au contexte. 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]

Cette définition rend la tâche plus facile à un développeur d'application pour énumérer le contexte dans 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.” [2]

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, et 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 édités. Autrement dit, il s'agit là de tous les faits non tangibles. Pierre Lévy donne une définition intéressante du contexte virtuel à travers une question assez philosophique :

“Pourquoi la consommation d'une information n'est-elle pas destructive et sa détention n'est-elle pas exclusive ? Parce que l'information est virtuelle“ [3]

1.3.1.2 Contexte physique

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

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 peut-être par 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 présentent une gamme de caractéristiques temporelles

L'information de contexte est d'ores et déjà catégorisée selon l'environnement auquel elle appartient : virtuel ou physique ; elle peut en outre être 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 appartenant au 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 dynamiques. 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 une satisfaction totale 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 en est dépendante. 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, dans l’immédiat, dans le futur ou au moment approprié pour améliorer et aider à la complétion 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 : [5]

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

Les développeurs du système Kimura ont conçu des composants distribués destinés à un système sensible au contexte global. Ces composants se divisent en trois classes [6], qui sont les suivantes :

- **Acquisition 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. [7]

Prenez l'exemple d'une centrale électrique, possédant de nombreuses sondes de température implantées à diverses endroits d'un réacteur nucléaire. Le système doit prendre la décision de refroidir 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 diffèreraient manifestement 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 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) [8] 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 par l'utilisation de normes de codage et des protocoles réseaux standards.

1.3.5.3 Serveur de contexte

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

1.3.6 Les architectures de gestion de contexte

Winograd (2001) [2] décrit trois modèles différents afin de coordonner les processus et composantes multiples :

- **Widgets** - L'objectif clé du widget est de distinguer l'application du processus d'acquisition de contexte, de manière à 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, ce 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) [9], 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 pas aussi performante que l'architecture basée sur les widgets à cause de la complexité des composants orientés réseau, 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 une approche orientée sur les données. Cette approche donne une attention toute particulière aux données, en faisant correspondre des motifs afin d'extraire l'information recherchée. Dans ce modèle asymétrique, les processus envoient des messages dans un média partagé, le dit "tableau noir", et souscrivent à recevoir des notifications lorsque certains événements se produisent. Les avantages de ce modèle 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 de 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 en faire l'usage, ne sera utilisé que par ceux qui auront le dévouement et la motivation de le maîtriser [2].
- **Extensibilité** : les services supportant la notion générale de contexte doivent être facilement extensibles pour accueillir toute nouvelle source d'information de contexte non anticipée [10].

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 délicat à appréhender, mais cela ne semble pas être un facteur de résignation 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. [2]

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 utilisée dans les framework de services, où les paires clé/valeur servent à décrire les aptitudes d'un service.
- **Langage de balisage** - Structure de données constituée 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 et 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 [11], basée sur six critères d’exigences, montre que les ontologies incarnent de loin le modèle le plus expressif et combient la plupart de ces exigences.

Korpipää et al. [12] 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 un maximum d’états de contexte et de manière la plus détaillée possible.

Un atome de contexte peut être décrit 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 certains types 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 œuvre 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 de contexte ou même dans le traitement des conflits.
- **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 informations provenant d'un capteur ou d'un autre.

- **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. [13]

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 à ce que les informations recueillies soit utilisées convenablement. Cette étape d'interprétation implique l'intégration des plusieurs contextes 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 possible 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

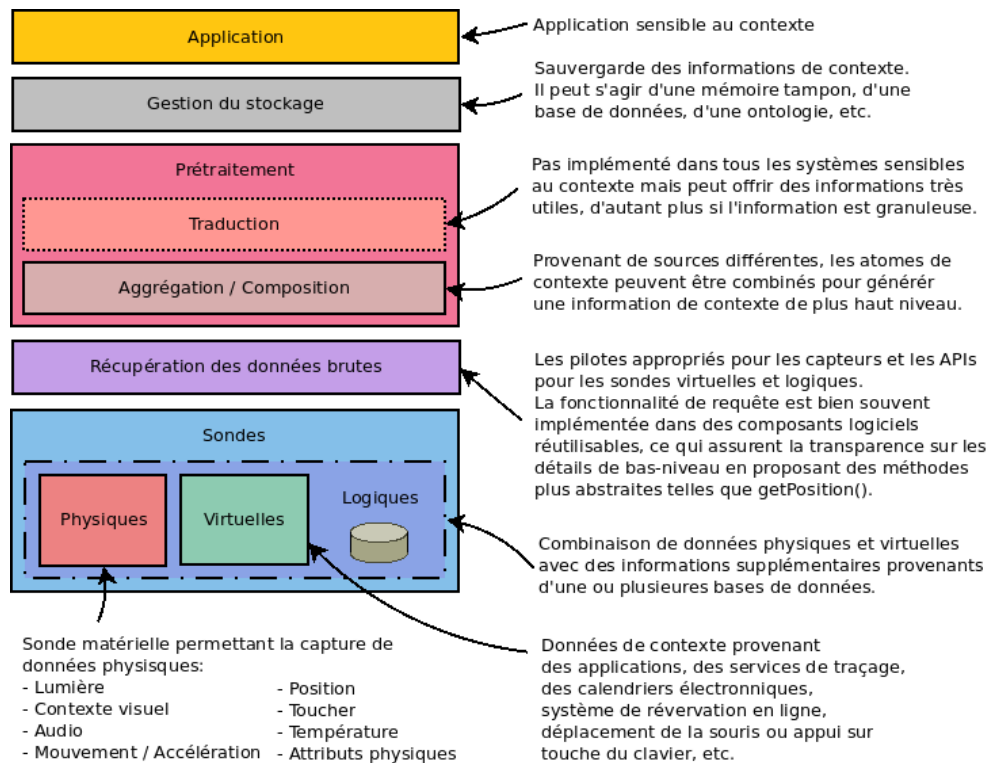


FIGURE 1.1: Framework conceptuel d'un système sensible au contexte

1.3.10 Sécurité et confidentialité

La confidentialité est intrinsèquement liée au contrôle. [14]

Comme le contexte est susceptible de contenir des informations sensibles 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. [13], et bien souvent, des applications telles que le Context Toolkit sont supposées être sous le contrôle d'un "utilisateur". Les utilisateurs sont désignés 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 aucunes 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 présentées 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) [5]. Tous les frameworks présentés dans ce mémoire supportent cette scission des préoccupations.

1.4.1 Technologies de détection

Dans chaque framework, la technologie de détection est implémentée différemment. Afin de garantir la séparation détection/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 intergiciels et frameworks. Par conséquent, des solutions propriétaires ont vu le jour et sont utilisées par de nombreux frameworks. Pour la détection d'information de contexte, SOCAM implémente l'approche la plus sophistiquée : des services web fournissent de APIs (interfaces SOAP) pour les sondes virtuelles externes et les sondes internes sont interrogées par l'utilisation d'évènements contextuels. Ces évènements de contexte sont modélisés en OWL et basés sur une ontologie prédéfinie.

Architecture	Détection	Modèle de contexte	Traitement du contexte	Découverte de ressources	Données de contexte historiques	Sécurité et confidentialité	
CASS	Intergiciel centralisé	Nœuds 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 et mécanisme de souscription	n.a.	n.a.
Context toolkit	Basée sur les widgets	Widgets de contexte	Tuples attribut/valeur	Interprétation et agrégation 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	Adaptateurs variés pour les types de contexte	Orienté objet	Interprétations et agrégation 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 du contexte

1.4.2 Représentations du contexte

Afin d'obtenir des applications et des 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 devient donc un inconvénient majeur. Le fait que de tels attributs ne peuvent contenir aucune sémantique restreint de manière considérable le développement de procédés de traitement et d'agrégation de contexte. De plus, les modèles non basés sur les ontologies nécessitent 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 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 rarement 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 services, 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 comportent mal, cela pourrait conduire à une 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 exploite 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'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 inclut son propre langage de définition de politiques appelé Rei [15], 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. Il 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 le propriétaire des informations à consulter les données sondées.

Les aspects liés à la sécurité ne sont pas implémentés 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.

1.5 Conclusion

Chacun des systèmes et frameworks présentés dans cet état de l'art implémente son 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 fait leur force de calcul, leur extrême complexité est 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 choix technologiques

2.1 Introduction

Dans ce mémoire, nous avons décrit divers 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'applications 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 tenterons d'apporter une solution.

2.2 Besoin d'un nouvel intergiciel

Le besoin d'un nouvel intergiciel se fait ressentir 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** [16] : une architecture en trois couches.
- **Gaia** [17] : une autre infrastructure intergicielle, étend les caractéristiques génériques des systèmes d'exploitation pour y incorporer la sensibilité au contexte.
- **CybreMinder** [18] : un système sensible au contexte permettant de générer des messages de rappel.
- **Context Toolkit** [13] : une architecture basée sur les widgets.

2.2.1 Elaboration d'un framework de gestion de configuration

La gestion de la configuration est le processus de contraindre le comportement d'un réseau de machines de manière à ce que le comportement de chaque machine soit conforme aux politiques et lignes directrices prédéfinies, et accomplisse les objectifs d'entreprise prédéterminés. Cela implique :

- Des personnes
- Un outil gestion de configuration “zéro” (exemple : CfEngine)
- Un ensemble de machines interconnectées
- Un ensemble de processus de configuration destiné à aboutir à un système conforme à la politique en vigueur.

Les paramètres de configuration peuvent être la permission d'un fichier, l'adresse d'une carte réseau, le type de système de fichier pouvant être monté sur un volume disque.

La possibilité d'automatiser par exemple la configuration des réseaux IP (Internet Protocol) en utilisant une technologie sémantique est très prometteuse. L'initiative connexe de créer un environnement de réseau de capteurs basé sur les ontologies semble également être une solution viable. La plupart des organisations aujourd'hui n'ont aucun procédé systématique pour gérer leurs informations de configuration. Cela signifie que des informations comme l'adresse IP d'une machine et le statut de son service réseau sont stockées de manière dispersée et désorganisée. Certains outils de supervision tels que Nagios présentent une manière de réorganiser ces informations provenant de sources dispersées.

2.2.2 Utilisation d'une base de gestion de configuration

L'idée d'utiliser une CMDB (Configuration Management Database) est également une alternative permettant de solutionner le problème ci-dessus. La base de données de gestion de configuration est une base unifiant les composants d'un système informatique. Elle permet de comprendre l'organisation entre ceux-ci et de modifier leur configuration. La CMDB est un composant fondamental d'une architecture basée sur les applications dotée d'un gestionnaire de configuration centralisé.

Cette nouvelle façon de renforcer l'efficacité de la gestion des connaissances dans le domaine de la gestion de configuration, nécessite la possibilité d'extraction automatique de données à partir d'emplacements de stockage précédents et la possibilité de mise à jour automatique de stockages permanents tels que la CMDB afin d'augmenter la qualité de l'information sous-jacente.

Ces deux fonctionnalités, à savoir, l'extraction automatique des données et également la mise à jour automatique des informations stockées doivent impérativement être implémentées. Mais le besoin pour un gestionnaire d'informations de plus haut niveau est tout de même mentionné dans de nombreuses littératures.

2.2.3 Conception d’une ontologie de gestion de configuration

La structure de l’information de configuration stockée dans une CMDB et dans d’autres fichiers sera représentée en concordance avec les standard de OWL. Cette structure de domaine de connaissance sera implémentée comme une promesse de structure d’information. La structure d’information initiale s’inspirera très largement des dictionnaires fournis par le gestionnaire de configuration EOLE Créole. Créole est un composant majeur des distributions EOLE permettant l’agrégation et la mise en corrélation des données de configuration de chacun des modules. Une présentation plus détaillée de cette technologie est donnée en annexe D.

2.3 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.

2.3.1 Conception d’un 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 [19], le Langage de Modélisation Unifié (UML) peut également être utilisé pour modéliser le contexte. Ces modèles pourraient 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.

2.3.1.1 Entités principales 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 entre les composants logiciels et les composants matériels sous-jacents d’une machine. Le système d’exploitation est une entité comportant plusieurs sous-classes dis-

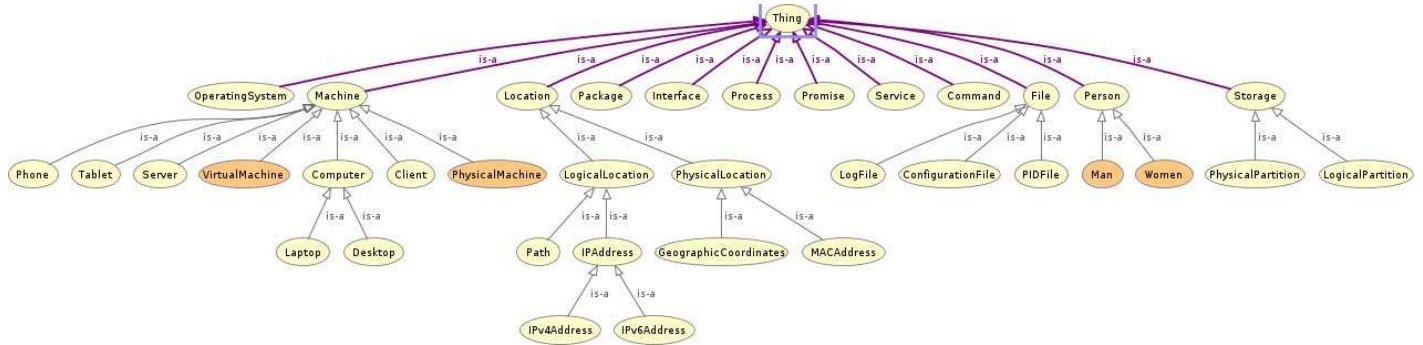


FIGURE 2.1: Entités de l'ontologie

jointes 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 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.

2.3.1.2 Propriétés objets principales 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.

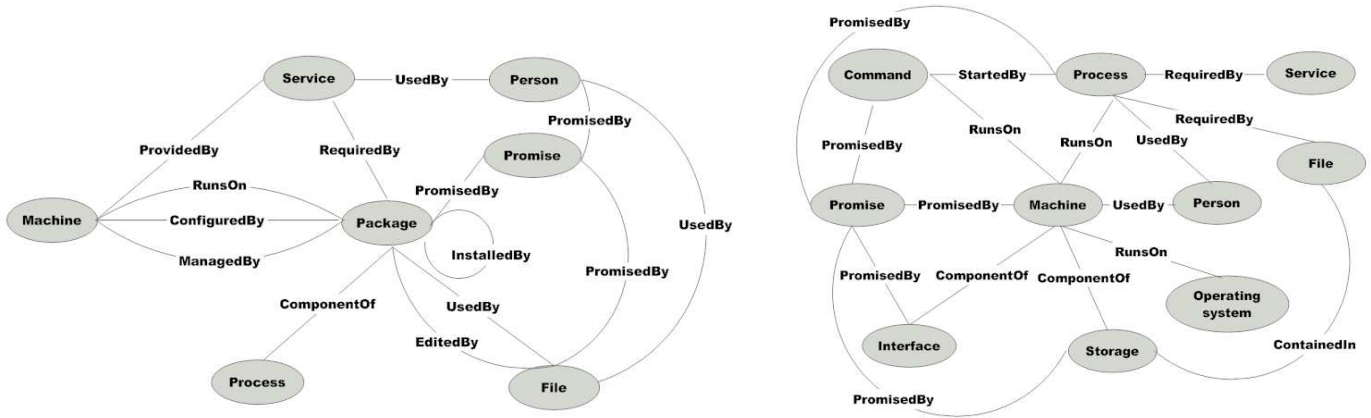


FIGURE 2.2: Propriétés objets de l'ontologie

- **Monitoring By** : La supervision est principalement la responsabilité de garder un œil 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, composante d'une entité plus globale Y qui joue le rôle d'encapsuleur 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'un 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".

2.3.1.3 Propriétés de données principales 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

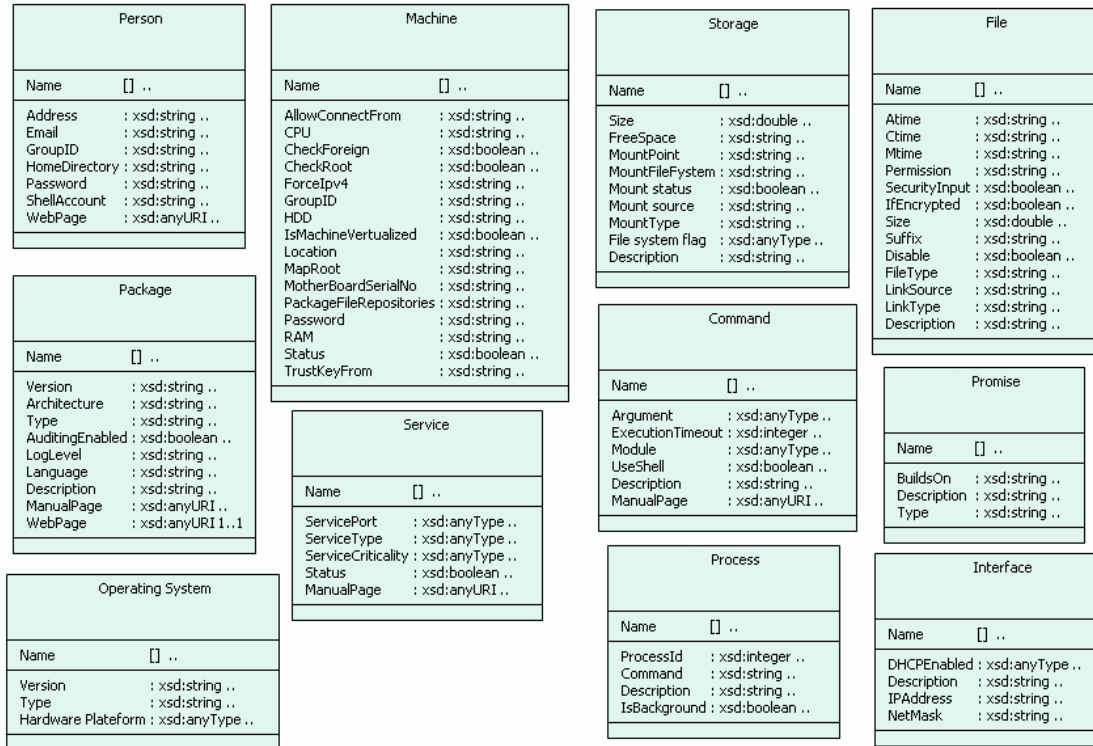


FIGURE 2.3: Propriétés de données de l'ontologie

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

2.3.1.4 Conception d'une ontologie de services

Dans le but d'améliorer la compréhension globale, les aptitudes des différents composants de l'infrastructure devront être formalisés à l'aide d'une ontologie dédiée aux services. Celle-ci implémente trois concepts majeurs :

- *ServiceProfile* (partie "Quoi")
- *ServiceModel* (partie "Comment abstrait")
- *ServiceGrounding* (partie "Comment concret")

Tout comme pour la standardisation de la gestion intelligente de la configuration, la classe *ServiceModel* est très importante. Les services sont modélisés comme des processus et la classe *Process* est utilisée pour indiquer les opérations à des niveaux de granularité différents. La classe *Process* comprend principalement deux types de processus : atomiques et composites. Puisque l'information de gestion de configuration est définie comme un ontologie OWL, l'information peut être utilisée comme les paramètres des opérations de gestion de la configuration, qui sont définis sous la forme de processus composites. Chaque service de gestion de configuration correspond à un processus composite, lui-même composé de plusieurs processus atomiques. Quand le gestionnaire invoque un service de gestion de configuration prédéfini en OWL-S, le service sera alors exécuté pour le dispositif réseau en place.

2.4 Règles sémantiques et politiques de comportement

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 [20] 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.

2.4.1 Gestion basée sur des politiques (Policy-Based)

La politique est identifiée comme une spécification de la configuration moyenne du système sur des périodes persistantes. Un aspect important de cette définition est qu'elle permet une certaine tolérance à l'erreur, nécessitée par les événements aléatoires se produisant susceptibles de corrompre la politique en place dans la boucle de

gestion du système. Il existe un élément probabiliste ou stochastique pour le comportement du système et, par conséquent, la politique ne peut être qu'une propriété moyenne en général.

2.4.2 Choix d'un modèle de définition des politiques d'administration

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 leurs relations.

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 intrinsèquement 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.

2.4.3 Théorie de la promesse

La théorie de la promesse est une théorie nouvelle sur ce qu'il peut arriver dans un réseau de composants entièrement autonomes.

Plutôt que d'adopter la croyance conventionnelle que "seulement ce qui est programmé peut arriver", elle prend le point de vue opposé : "seulement ce qui est promis peut être prédit". Elle aborde donc la gestion du point de vue de l'incertitude avec réalisme plutôt que celui de la foi en la conformité. Dans la théorie de la promesse, on suppose un point de vue orienté service des interactions entre les différents dispositifs informatiques. Chaque nœud propose de jouer un rôle dans un réseau de collaboration en promettant de restreindre son comportement de différentes manières. Une utilisation typique de la théorie de la promesse est d'examiner le comportement en régime permanent d'un certain nombre d'agents (composants) autonomes. La théorie de la promesse ne détermine pas nécessairement pleinement le comportement de ses composants, elle représente seulement les contraintes au sein d'un ensemble de comportements définis. Elle n'est pas limitée aux promesses linéaires.

La théorie de la promesse adhère à un point de vue orienté service des politiques de gestion et utilise un langage graphique pour composer et analyser les propriétés systèmes. Les principes et raisonnements liés à la théorie de la promesse sont détaillés dans l'annexe ??.

Une caractéristique essentielle des promesses est qu'elles séparent clairement ce qui contraint et à qui la con-

trainte s'applique. C'est un autre domaine qui soulève bien souvent des confusions dans la théorie des politiques. Néanmoins, le modèle ontologique permet un fois de plus de bien distinguer ces deux aspects grâce à son haut degré de formalisme.

2.4.3.1 CfEngine3 : une implémentation de référence de la théorie de la promesse

CfEngine3 implémente deux approches :

- **Centralisée** : le système va pousser avec force les règles et règlements établis de manière centralisée avec ou sans la volonté de l'utilisateur final hôte.
- **Basé sur des politiques** : cette approche fonctionne de la même manière que le protocole SNMP (Simple Network Management Protocol), à l'exception qu'elle donne une autonomie totale aux agents, de manière à ce qu'ils aient plein droit de tirer et implémenter un ensemble centralisé de politiques de configuration.

En théorie, chacun des agents autonomes va faire formuler une promesse sur le comportement qu'on attend de lui, basé sur un choix qui lui est propre. C'est ce que rend la théorie de la promesse optimale pour un framework de gestion basé sur des politiques.

La théorie de la promesse décrit des services régis par des politiques, dans un framework d'agents complètement autonomes, qui s'entraident les uns les autres seulement par une coopération volontaire. Dans CfEngine3, chaque élément de configuration va faire une promesse concernant ses caractéristiques propres et sa relation avec d'autres éléments de configuration.

Nous souhaitons être en mesure de promettre que le système est cohérent, de le vérifier et d'effectuer des changements seulement si des promesses ne sont pas tenues. Cela nécessite, en plus de l'implémentation initiale de ces promesses, la vérification continue de l'état de chacun des éléments de configuration vis-à-vis de leur promesses respectives pour assurer un système cohérent et en conformité avec les politiques en vigueur.

2.4.4 Gestion de configuration basée sur la théorie de la promesse

2.4.4.1 Données paramètres

Un système de gestion de configuration basé sur la théorie de la promesse accepte comme paramètres d'entrée un ensemble de politiques de configuration de haut niveau. Ces politiques de haut niveau seront divisées en spécifications de configuration de bas niveau, que nous appellerons "promesses" dans la modélisation par la théorie de la promesse. Notre ontologie permettra la formalisation de ces promesses.

En complément des politiques de configuration, les informations suivantes pourront être transmises au système de gestion de configuration :

- Le nombre et le type de machines nécessaires

- Le système d’exploitation de chacune des machines
- Les paquets ayant besoin d’être installés sur chaque machine
- Les services que chacun des hôtes doit fournir
- Les préoccupations liées au stockage comme le type de système de fichiers
- Les questions de sécurité, incluant notamment les aspects de gestion des utilisateurs

2.4.4.2 Traitements

Les politiques de configuration de haut niveau subiront deux traitements majeurs. Le premier concerne la spécification de la configuration de bas niveau. Ce traitement dépend de l’information liée à l’architecture telle que le détail du périphérique ou le type de topologie attendu par un système. Le deuxième consiste à respecter les promesses formulées par chacun des éléments de configuration. Ce traitement s’assure que chaque élément de configuration se comporte conformément à ses promesses. Dans la gestion des changements, CfEngine3 prendra des mesures correctives en plus de jouer le rôle d’informer les parties concernées en cas de non tenue d’une promesse.

2.4.4.3 Résultats attendus

Le résultat de ces traitements est un système conforme aux règles politiques en vigueur où chaque élément de configuration possèdent les clés et valeurs attendues. Autrement dit, un ensemble d’ordinateurs avec les valeurs de configuration appropriées (les valeurs d’attribut promises). Les éléments de configuration principaux sont les fichiers, les paquets, les disques, les processus, les services et les interfaces.

En plus de leurs propres valeurs d’attributs et manière d’agir, un ensemble de promesses sur le bon type de relations entre ces éléments de configuration est nécessaire pour valider le résultat de ces traitements.

2.5 Consistance de l’information et tolérance à l’échec

2.5.1 Choix d’un algorithme de consensus

Le consensus est un problème fondamental dans les systèmes distribués tolérants aux pannes. Un consensus implique de multiples serveurs acceptants 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.

Inconvénients de Paxos

- Extrêmement difficile à comprendre. L’opacité de Paxos dérive de son choix d’avoir un sous-ensemble de décrets uniques comme son fondement.
- Ne fournit pas une bonne base pour la construction d’applications pratiques. Par exemple, il y a peu d’avantages à choisir de manière indépendante une collection d’entrées dans le registre, pour les fusionner par la suite dans un journal séquentiel ; cela ajoute seulement de la complexité. Il est plus simple et plus efficace de concevoir un système autour d’un journal, où les nouvelles entrées sont ajoutées séquentiellement dans un ordre contraint.
- Utilise une approche symétrique pair-à-pair à sa base. Cela a un sens dans un monde simplifié où seule une décision sera prise, mais peu de systèmes concrets utilisent cette approche. Si une série de décisions doivent être prises, il est plus simple et plus rapide d’élire d’abord un leader, puis de le laisser coordonner les décisions.

Avantages de Raft

- Raft utilise une forme plus solide de leadership que les autres algorithmes de consensus. Par exemple, les entrées du registre ne seront communiquées que par le leader vers les autres serveurs. Cela simplifie largement la gestion de la réplication des journaux et rend Raft beaucoup plus facile à comprendre.
- Raft utilise des minuteriers aléatoires pour élire les leaders. Cela ajoute un peu de mécanismes au système de pulsation déjà nécessaire dans n’importe quel algorithme de consensus, tandis que la résolution des conflits se fait simplement et rapidement.
- Le mécanisme de Raft pour changer l’ensemble des serveurs de la grappe utilise une nouvelle approche de consensus conjointe où les majorités des deux différentes configurations se superposent pendant les transitions. Cela permet au groupe de continuer à fonctionner normalement pendant les changements de configuration.

TABLE 2.1: Comparaison des algorithmes de consensus de Raft et de Paxos

2.5.1.1 Choix du consensus 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 performances. La différence est qu’il est décomposé en sous-problèmes relativement disjoints, et traite de manière rigoureuse toutes les pièces majeures nécessaires pour obtenir un système cohérent.

Il existe des écarts significatifs entre la description de l’algorithme de Paxos et les besoins d’un système dans le monde réel. Le système au final serait basé sur un protocole dénué de preuves. Le détail du consensus de Raft est donné en annexe B.

2.5.1.2 Caractéristiques des algorithmes de consensus

Les algorithmes de consensus pour les systèmes concrets ont généralement les caractéristiques suivantes :

- Ils assurent la sécurité (ne retournent jamais de résultat erroné) sous toutes conditions non byzantines, y compris les retards dans le réseau, les pertes de partitions et de paquets, la duplication et la réorganisation.
- Ils sont entièrement fonctionnels (disponibles) dans la mesure où au moins la majorité des serveurs sont opérationnels et peuvent communiquer les uns avec les autres et avec les clients. Ainsi, un groupe type de cinq serveurs peut tolérer la défaillance de deux ses membres. Les serveurs sont supposés tomber en panne en s’arrêtant ; ils pourront plus tard retrouver un état stable et rejoindre le cluster.

- Il ne dépendent pas de la contrainte temporelle pour assurer la cohérence des journaux : des horloges défectueuses et des retards abusifs dans la délivrance des messages peuvent causer des problèmes de disponibilité.
- Dans le cas le plus courant, une commande peut s’achever aussitôt que la majorité de la grappe a répondu à un seul tour d’appels à procédures distantes ; une minorité de serveurs lents ne doivent pas impacter les performances globales du système.

2.5.1.3 Architecture de machines à états répliquées

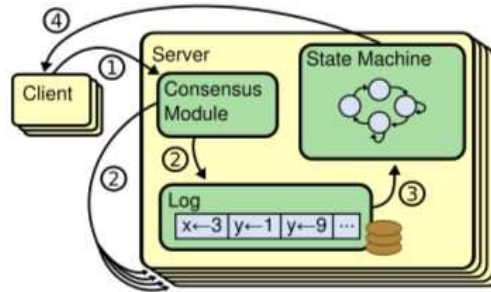


FIGURE 2.4: Procédé de réplication des machines à états

L’algorithme de consensus gère un registre répliqué regroupant les commandes de la machine à états de chacun des clients dans le réseau. Les machines à états traitent des séquences identiques de commandes à partir de journaux partagés, de sorte qu’ils produisent les mêmes résultats.

Les systèmes à grande échelle n’ayant qu’un seul cluster leader utilisent une machine à état distincte pour gérer les élections et pour stocker les informations de configuration qui doivent survivre aux crashes du leader (exemples : Chubby, ZooKeeper).

Garder le registre répliqué consistant est le travail de l’algorithme de consensus.

2.6 Conclusion

Les différents concepts détaillés dans ce chapitre nous permettent de répondre aux problématiques énoncées. L’ontologie apporte le haut degré de formalisation nécessaire pour modéliser les informations de contexte et les promesses permettant la définition des politiques de configuration du système. La théorie de la promesse propose une approche sémantique de la configuration, promettant aux utilisateurs un travail de configuration à moindres efforts. L’algorithme de consensus garantit la tolérance à l’échec et une organisation rigoureuse des communications inter-agents par l’attribution de rôles dans le cluster. Le modèle de réplication des journaux qu’il implémente permet d’assurer la permanente consistance de l’ontologie avec une simplicité remarquable.

Chapitre 3

Validation et détails d'implémentation

3.1 Vue d'ensemble de la solution proposée

La figure 3.1 présente une vue d'ensemble de la solution proposée. L'ontologie constitue le point central du système. Elle sert de registre pour les informations de contextes, la définition des promesses et même les variables de configuration de bas niveau. Ce registre est distribué dans un système multi-agents implémentant le consensus de Raft. Ce système permet le versioning et l'historisation de l'information grâce au procédé d'incrémentation des termes qu'implémente le consensus de Raft.

L'ontologie de contexte est peuplée par chacun des agents, qui individuellement vont agréger l'information provenant des journaux d'événements et des variables d'environnement et de configuration. Des sondes plus spécifiques sont implémentées pour permettre la récupération d'informations telles que l'adressage IP, la consommation des ressources ou encore les utilisateurs actuellement connectés.

Enfin, une interface web met à disposition les outils nécessaires pour la consultation des données de contexte et la définition de politiques d'administration. Elle devra également proposer un écran pour le renseignement des variables de configuration de bas niveau pour s'assurer que l'administrateur du réseau garde la main sur la configuration de l'architecture (cf. annexe C.1).



3.2.1 Ontologie de contexte

3.2.2 Sondes de contexte

Le processus de fusion des information est assez simple dans l'implémentation puisqu'elle prend avantage des

```

user1@server1$ trifle console

store = Store() # 10598 statements
server1 = Server() # uuid: d7c38143d6ed41c8ad1f04c9601733d1)
server2 = Server() # uuid: 4a1950ded8c141dd91b695e6f6a09f07)

>>> store
<trifle.store.Store instance at 0x336acf8>
>>> len(store.graph)
10598
>>> store.snapshot()
2014-08-14 15:08:07 INFO Pulling from InterfacesSensor...
2014-08-14 15:08:07 DEBUG 36 informations sensed
2014-08-14 15:08:07 INFO Pulling from ProcessesSensor...
2014-08-14 15:08:08 WARNING NoSuchProcess: 24963
2014-08-14 15:08:08 WARNING NoSuchProcess: 24964
2014-08-14 15:08:08 WARNING NoSuchProcess: 25080
2014-08-14 15:08:08 WARNING NoSuchProcess: 25082
2014-08-14 15:08:08 DEBUG 1395 informations sensed
2014-08-14 15:08:09 INFO Pulling from UsersSensor...
2014-08-14 15:08:09 DEBUG 15 informations sensed
[...]
>>> len(store.graph)
14534

```

FIGURE 3.2: Capture et fusion des informations de contexte provenant des sondes

méthodes de manipulation de graphes intégrées à la librairie Python RDFlib. Il ne peut exister ni d'informations redondantes, ni de relations dépourvues d'acteurs : l'information demeure consistante.

Chacune de ces sondes va permettre de recueillir les informations relatives au contexte local, c.a.d, les informations liées à la machine sur laquelle opère l'agent. Lors de l'incrémentation d'un terme dans le cycle de fonctionnement normal basé sur le consensus de Raft, les informations recueillies par chacun des agents seront mises en corrélation. La méthode *snapshot()* autorise par ailleurs le renouvellement complet de la base d'informations. La figure 3.2 montre (partiellement) le résultat de cette méthode. Une information correspond à un triplet $\langle aPb \rangle$, où b est une valeur de la propriété P pour le sujet a . Ne vous laissez pas confondre par la terminologie : une relation, un prédicat et une propriété sont trois termes pour la même notion. La relation $\langle aPb \rangle$ utilise le prédicat P , et exprime que le sujet a a une valeur b pour la propriété P .

3.2.3 Système multi-agents

3.2.3.1 Consensus de Raft

Le mécanismes que décrit le consensus de Raft ont été implémentés en Python. Dans notre implémentation, on suppose qu'il n'existe qu'un seul agent par machine. Tout d'abord, parce qu'il n'y a que très peu d'intérêts à déployer plusieurs instances sur la même machine, et ensuite, parce que cela facilite grandement le processus de découverte de nouvelles ressources. En effet, le service (l'agent) sera mis à disposition à travers un port de communication TCP/UDP figé : 6182 (hormis le fait qu'il n'est actuellement utilisé par aucune application courante, le choix de ce port est complètement arbitraire). Ainsi, il sera beaucoup moins coûteux de balayer chacune des plages du réseau à la recherche de nouveaux agents.

```

user1@server1$ trifle console

store = Store() # 10598 statements
server1 = Server() # uuid: d7c38143d6ed41c8ad1f04c9601733d1)
server2 = Server() # uuid: 4a1950ded8c141dd91b695e6f6a09f07)

>>> server1, server2
(<Server(Thread-1, started daemon 140389140690688)>,
 <Server(Thread-2, started daemon 140388924913408)>)
>>> server1.role, server2.role
('follower', 'leader')
>>> server1.call.election()
>>> server1.role, server2.role
('leader', 'follower')

```

FIGURE 3.3: Validation de l'implémentation du consensus de Raft

Dans la figure 3.3, le gestionnaire est lancé en mode console. Le serveur 1 correspond au serveur local et le serveur 2 est un serveur distant. À l'initialisation du programme, une campagne est lancée et l'un des deux serveur est élu *leader*. Le *follower* (serveur 2) va supposer une défaillance du leader (arrêt des pulsations) et donc renouveler la campagne à laquelle il est *candidat* (et même favori). À l'issue de cette seconde élection, on remarque que c'est désormais le second serveur qui est à la tête du système et les opérations ont repris leur cours normal.

3.2.3.2 Consistance de l'ontologie

```

SELECT ?MachineName ?UserName ?PID ?IPv4Address ?Port ?ServiceName ?Command ?Status
WHERE {
  ?Process a t:Process .
  ?Process t:ProcessID ?PID .
  ?Process t:launchedBy ?User .
  ?Process t:runsOn ?Machine .
  ?Process t:Command ?Command .
  ?Process t:Name ?ProcessName .
  ?Process t:Status ?Status .
  ?User t:Name ?UserName .
  ?Machine t:Name ?MachineName .
  ?Service t:startedBy ?Process .
  ?Service t:ServicePort ?Port .
  ?Service t:Status ?Status .
  ?Interface t:componentOf ?Machine .
  ?Location a ?IPAddress .
  ?Location t:Type "IPv4"^^xsd:string .
  ?Location t:locates ?Interface .
  ?Location t:Address ?IPv4Address .
}

```

FIGURE 3.4: Exemple de requête permettant de vérifier la consistance de l'ontologie

Afin de valider la consistance de l'ontologie, le procédé consiste à vérifier la bonne mise en correspondance d'une certaine quantité d'informations provenant d'agents et de sondes différentes. La figure 3.4 est un exemple pertinent de requête permettant de justifier la bonne mise en corrélation des informations de contexte. Cet requête permet d'obtenir la liste détaillée de tous les services disponibles dans l'infrastructure, leurs hôtes respectifs, ainsi que les processus auxquels ils sont attachés, la commande qui a permit leur démarrage et même

l'utilisateur propriétaire du processus. Cet exemple invoque de multiples sondes dans le réseau. La sonde *base* permettant l'identification de la machine sur laquelle opère l'agent. La sonde *interfaces* permet d'associer des données d'adressage à la machine courante. La sonde *services* permet de détecter les différents services dans le réseau et les ports sur lesquels ils sont distribués. La sonde *processus* autorise la lecture des états des différents processus. Enfin la sonde *user* permet le référencement des groupes et utilisateurs dans le cluster.

3.2.4 Interface d'administration

Le gestionnaire de configuration prévoit une interface d'administration pour la définition des politiques de comportement et le contrôle des différents composants du système. L'interface est un service web distribué par chacun des agents. Toutes les actions effectuées à travers l'interface seront opérées par le leader du cluster afin de prévenir les problèmes liés à des modifications concurrentes. L'ontologie de contexte sera directement consultable en temps réel à l'aide de requêtes SPARQL. Enfin, elle doit conserver la possibilité de renseigner les valeurs des variables de configuration de bas niveau. Des captures d'écran de l'interface d'administration sont disponibles en annexe C.

3.3 Évaluation de la solution proposée

3.3.1 Limites de la solution

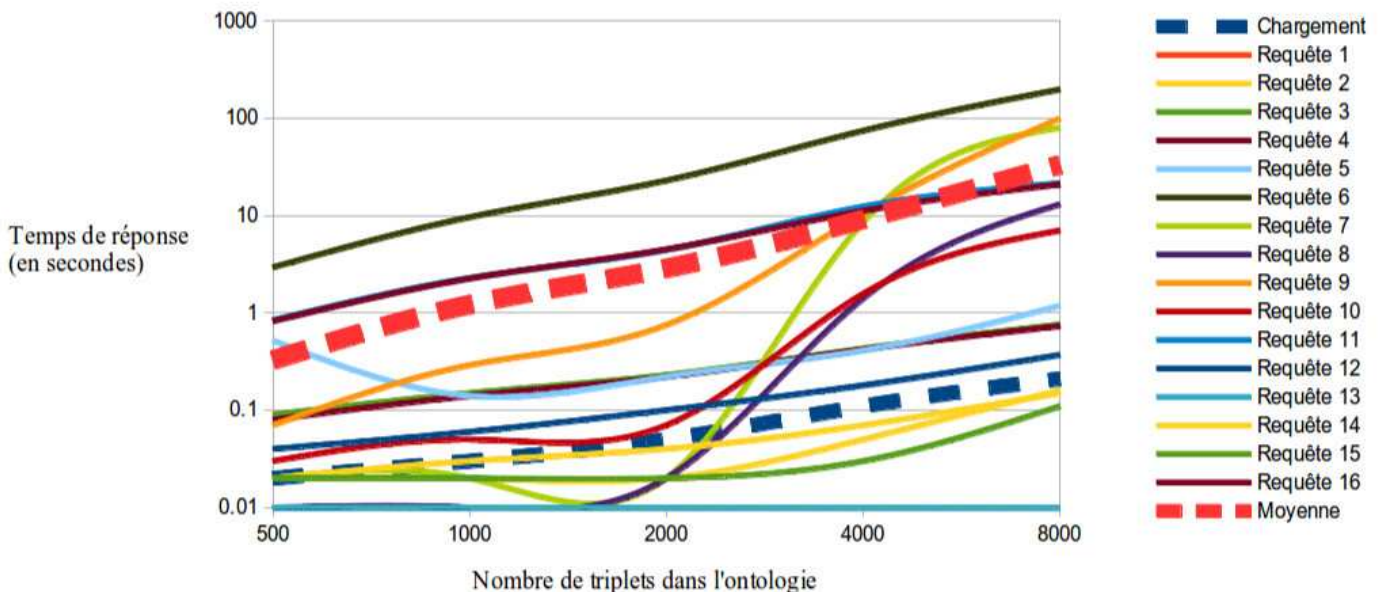


FIGURE 3.5: Évaluation des performances de l'ontologie

Dans cette étude, nous avons porté une attention accrue aux problématiques de formalisation et de consistance de l'information. Le système actuel souffre néanmoins de quelques lacunes en termes de performances. En effet,

nous remarquons que le temps de consultation de l'ontologie est étroitement lié à la taille de cette dernière. La figure 3.5 met bien en évidence ce phénomène ; en mettant sur une échelle logarithmique les résultats des tests de performances composés de 16 requêtes variées. On remarque que la ligne rouge pointillée représentant la moyenne est droite, autrement dit, le temps de consultation de l'ontologie est exponentiel vis-à-vis de sa taille.

3.3.2 Perspectives d'évolution

Dans cette implémentation, nous avons complètement laissé de coté tous les aspects liés aux performances. Le prototype en l'état mériterait toutefois quelques optimisations. La base d'échange (ontologie/journaux) est actuellement gérée à l'aide des fichiers ; sa mise en tampon ou en base permettrait sans aucuns doutes un accès beaucoup plus rapide.

Les sondes sont implémentées de manière à modéliser un maximum d'informations et trouver les corrélations entre les différentes informations sondées. Elles ne sont cependant pas interdépendantes d'un point de vue fonctionnel. Nous pourrions par conséquent facilement paralléliser tout le processus de sondage.

Pour finir, l'ontologie de contexte implémentée pour cette preuve de concept est très générique et entièrement ciblée sur l'environnement virtuel. Il semble primordial d'apporter les outils et la documentation nécessaires pour permettre à la communauté du libre de contribuer à la base de connaissance.

3.4 Conclusion

Les technologies basées sur le contexte vont jouer un rôle fondamental dans la prochaine génération de systèmes informatiques à mesure que la complexité des logiciels, la diversité et l'omniprésence des périphériques continuent d'augmenter. Cependant, elle doivent offrir des mécanismes permettant la gestion automatique des dépendances inter-composants et composant/ressource. Dans le cas contraire, le développement de systèmes basés sur les composants demeurera difficile à appréhender et conduira bien souvent à des systèmes peu fiables et pas assez robustes.

Les environnements qui composeront l'informatique ubiquitaire de demain seront composés de milliers de périphériques, avec des millions de composantes logicielles. Les systèmes actuels s'appuient fortement sur la configuration manuelle, ce qui à une telle échelle n'est plus gérable. Il n'existe que deux issues possibles à cette situation : une configuration statique, ou une configuration dynamique et automatique. Puisque les environnements ont tendance à être de plus en plus dynamiques, la configuration autonome semble incarner la seule solution viable.

Bibliographie

- [1] Gregory D. ABOWD et al. “Baltzer Journals September 23, 1996”. Dans : (1997).
- [2] Terry WINOGRAD. “Architectures for context”. Dans : *Human-Computer Interaction* 16.2 (2001), p. 401–419. URL : <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1463126> (visité le 04/04/2014).
- [3] Pierre LÉVY. *Qu’est ce que le virtuel ?* LA DECOUVERTE, 1^{er} juil. 2010. 159 p. ISBN : 9782707155283.
- [4] Candolin CATHARINA et KARI. *Context Aware Management Architecture*. 2002.
- [5] Anind K. DEY. “Providing architectural support for building context-aware applications”. Thèse de doct. Georgia Institute of Technology, 2000. URL : http://www.researchgate.net/publication/27525468_Providing_architectural_support_for_building_c (visité le 04/04/2014).
- [6] Stephen VOIDA et al. “Integrating virtual and physical context to support knowledge workers”. Dans : *IEEE Pervasive Computing* 1.3 (2002), p. 73–79. URL : <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.58.5883&rep=rep1&type=pdf> (visité le 04/04/2014).
- [7] Albrecht SCHMIDT, Michael BEIGL et Hans-W. GELLERSEN. “There is more to context than location”. Dans : *Computers & Graphics* 23.6 (1999), p. 893–901. URL : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S009784939900120X> (visité le 04/04/2014).
- [8] Harry CHEN, Tim FININ et Anupam JOSHI. “An intelligent broker for context-aware systems”. Dans : *Adjunct proceedings of Ubicomp*. T. 3. 2003, p. 183–184. URL : <http://ais1.umbc.edu/get/softcopy/id/788/788.pdf> (visité le 04/04/2014).
- [9] Jason I. HONG et James A. LANDAY. “An infrastructure approach to context-aware computing”. Dans : *Human-Computer Interaction* 16.2 (2001), p. 287–303. URL : <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1463119> (visité le 04/04/2014).
- [10] Maria EBLING, Guernsey DH HUNT et Hui LEI. “Issues for context services for pervasive computing”. Dans : *Middleware 2001 Workshop on Middleware for Mobile Computing, Heidelberg*. 2001. URL : <http://cs.brown.edu/nsfmobile/GuernseyHunt.pdf> (visité le 04/04/2014).
- [11] Thomas STRANG et Claudia LINNHOFF-POPIEN. “A context modeling survey”. Dans : *Workshop Proceedings*. 2004. URL : <http://elib.dlr.de/7444/> (visité le 04/04/2014).

- [12] KORPIPÄÄ et MÄNTYJÄRVI. “An ontology for mobile device sensor-based context awareness”. Dans : (2003).
- [13] Anind K. DEY, Gregory D. ABOWD et Daniel SALBER. “A conceptual framework and a toolkit for supporting the rapid prototyping of context-aware applications”. Dans : *Human-computer interaction* 16.2 (2001), p. 97–166. URL : <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1463110> (visité le 04/04/2014).
- [14] Mark ACKERMAN, Trevor DARRELL et Daniel J. WEITZNER. “Privacy in context”. Dans : *Human-Computer Interaction* 16.2 (2001), p. 167–176. URL : http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1207/S15327051HCI16234_03 (visité le 04/04/2014).
- [15] KAGAL et FININ. “A policy language for a pervasive computing environment”. Dans : (2005).
- [16] Thomas HOFER et al. “Context-awareness on mobile devices-the hydrogen approach”. Dans : *System Sciences, 2003. Proceedings of the 36th Annual Hawaii International Conference on*. IEEE, 2003, 10–pp. URL : http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=1174831 (visité le 04/04/2014).
- [17] Shiva CHETAN et al. “Mobile gaia: a middleware for ad-hoc pervasive computing”. Dans : *Consumer Communications and Networking Conference, 2005. CCNC. 2005 Second IEEE*. IEEE, 2005, p. 223–228. URL : http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=1405173 (visité le 04/04/2014).
- [18] Gregory D. ABOWD et al. “Context-aware computing [Guest Editors’ Intro.]” Dans : *Pervasive Computing, IEEE* 1.3 (2002), p. 22–23. URL : http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=1037718 (visité le 04/04/2014).
- [19] Quan Z. SHENG et Boualem BENATALLAH. “ContextUML: a UML-based modeling language for model-driven development of context-aware web services”. Dans : *Mobile Business, 2005. ICMB 2005. International Conference on*. IEEE, 2005, p. 206–212. URL : http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=1493610 (visité le 04/04/2014).
- [20] Amy L MURPHY et INTERNATIONAL CONFERENCE ON COORDINATION MODELS AND LANGUAGES. *Coordination models and languages: 9th international conference : proceedings*. Berlin : Springer, 2007. ISBN : 9783540727934 3540727930 9783540727941 3540727949.
- [21] Mark BURGESS et Alva COUCH. “Modeling Next Generation Configuration Management Tools”. Dans : *Proceedings of LISA '06: 20th Large Installation System Administration Conference* (3 déc. 2006), p. 131–147. URL : https://www.usenix.org/legacy/event/lisa06/tech/full_papers/burgess/burgess_html/ (visité le 12/08/2014).

Annexe A

Théorie de la promesse

A.1 Définition de la promesse

Une promesse est différente d'un engagement : un engagement est le moment où un agent rompt avec une ligne de conduite pour une autre discontinue avec des vues sur un objectif, la plupart du temps à travers une action spécifique ou un investissement sur des résultats futurs. Dans certains cas, l'acte d'engagement peut résulter en une promesse persistante, mais promettre n'implique pas une action provoquant un changement discontinu.

“Une promesse est la spécification d'un état ou comportement ultérieur d'un agent autonome à un autre. Elle est ainsi, une unité de politique.” [21]

Les promesses sont faites à un agent par un agent et sont modélisées par une relation unidirectionnelle labellisée par un *corps* de promesse qui définit la substance de la promesse. Une promesse avec le *corps* $+b$ est une déclaration pour “donner” un comportement d'un agent à un autre, tandis qu'une promesse avec le *corps* $-b$ est la spécification de quel comportement sera reçu, accepté ou utilisé.

A.2 Caractéristiques de la promesse

Une promesse est l'annonce d'un fait ou d'un comportement d'un prometteur à un promis, sous le regard d'un certain nombre de témoins (définissant le champ d'application de la promesse), dont le résultat n'a pas encore été évalué. On distingue deux types de promesses :

- Une promesse d'accepter de se comporter comme une autre. C'est essentiel pour la définition de groupes, de rôles ou de structures sociales avec un consensus de comportement (cf. section 2.5.1)
- Une promesse d'utiliser la promesse d'un autre. C'est crucial pour les interactions client/serveur, les dépendances

et les contrôles d'accès.

Un promesse présente les caractéristiques suivantes :

1. Il doit y avoir des agents pour qu'une promesse existe.
2. Il doit y avoir un prometteur (ou agent source).
3. Il doit y avoir un promis (ou agent destinataire), qui peut très bien aussi être la source.
4. Il doit y avoir un *corps* qui décrit la nature de la promesse.

A.3 Représentation et types de promesse : π -calculus

	Notation	Interprétation
	$a \xrightarrow{+b} a'$ $a' \xrightarrow{-b} a$ $v_a(a \xrightarrow{b} a')$ $v_{a'}(a \xrightarrow{b} a')$	Promesse avec le <i>corps</i> b Promesse d'accepter b La valeur de la promesse à a La valeur de la promesse à a'
Type de promesse		
Basique	$n_1 \xrightarrow{\pi} n_2$	Fournit un service / un flux
Coopérative	$n_1 \xrightarrow{C(\pi)} n_2$	Imite / Suit
Utilisatrice	$n_1 \xrightarrow{U(\pi)} n_2$	Utilise / Accepte de la part de
Conditionnelle	$n_1 \xrightarrow{\pi_1/\pi_2} n_2$	“File“ de promesses : π_1 if π_2

TABLE A.1: Représentation et types de promesses

Les promesses de service basiques forment un certain nombre de types, comme par exemple ‘fournir un web service en moins de 5 millisecondes’ ou ‘donner n'importe quel information sur l'agent X '. D'autres exemples :

- $X \xrightarrow{q \leq q_0} Y$: l'agent X promet de ne jamais exéder la limite $q \leq q_0$.
- $X \xrightarrow{q = q_0} Y$: l'agent X promet de satisfaire $q = q_0$.
- $X \xrightarrow{\ell \subseteq L} Y$: X promet de garder ℓ comme sous-langage du langage L
- $X \xrightarrow{S} Y$: X offre le service S à Y .
- $X \xrightarrow{R} Y$: X promet de relayer R à Y .
- $X \xrightarrow{\neg R} Y$: X promet de ne jamais relayer R à Y .
- $X \xrightarrow{S, t} Y$: X promet de répondre avec le service S en l'espace de t secondes.

Une promesse est dite “rompue“ si un agent fait deux promesses contradictoires du même type et en même temps (différent d'une promesse qui aurait expiré ou changé).

A.4 Processus de raisonnement lié à la promesse

Le procédé de raisonnement qui accompagne l'émanation d'une promesse, se divise en plusieurs sous-étapes, accrochez-vous :

- **Préparation de la promesse** - Processus de raisonnement effectué par A conduisant à la conception, la synchronisation et la délivrance de la promesse P par A.
- **Analyse de crédibilité** - Processus de raisonnement où les agents C dans le champ d'application de la promesse P déterminent la crédibilité qu'ils assignent à A promettant P compte tenu des faits connus de A (mais à l'exception des informations historiques précises sur le comportement individuel d'un membre de sa classe d'agent)
- **Détermination préliminaire de la confiance** - Processus de raisonnement effectué par C (C dans le domaine d'application de la promesse P) servant à :
 1. déterminer la confiance que C accorde à A avant même de connaître la promesse P (confiance préalable)
 2. spécifier quelles sont les attentes générées par la prise en considération de la promesse P.
- **Délibération de contre-promesse** - Processus de raisonnement effectué par B concernant les contre-promesses pouvant potentiellement être émises par B en retour de considération de P (B dans le champ d'application de P)
- **Prédiction de l'impact de la promesse** - (cela peut être réalisé à condition que B ait émis une ou plusieurs contre-promesses plausibles)
 1. Processus de raisonnement effectué par B (dans le champ d'application de P) et C (n'importe quel agent dans le champ d'application de P) servant à déterminer les (le changement des) attentes que P crée dans B (et que A a l'intention de générer).
 2. Processus de raisonnement visant à la modification des ententes (détenues par B ou C) étant donné le changement des attentes de chacun d'entre eux amené par la prise en considération de la promesse P.
- **Évaluation de la promesse** - Processus de raisonnement effectué par C concernant :
 1. la façon dont C va évaluer si la promesse de A a été tenue ou non.
 2. l'évaluation de cette dernière au moyen de la méthode la plus adéquate
- **Surveillance de rétraction de promesse** - A peut être amené à un stade ultérieur à émettre une autre promesse Q, pour laquelle la tenue n'est pas compatible avec la tenue de P. Dans ce cas, Q qualifie un retrait de P. Un agent C applique un processus de raisonnement qui surveille et évalue les promesses postérieures émises par A pour déterminer si celles-ci seront amenées à rompre la promesse P et induire son retrait.
- **Mise à jour de la confiance** - Processus de raisonnement en place pour chacun des agents C dans le champ d'application de P visant à mettre à jour la confiance préalablement accordée à A, en adéquation avec le résultat de l'évaluation que C fait concernant le degré avec lequel la promesse P a été tenue par A.
- **Critère de réputation** - Processus de raisonnement effectué par chacun des agents C dans le champ d'application de P visant à échanger entre les différents agents les effets des mises à jour de confiance. Le flux de réputation permet à un agent C n'ayant aucuns aprioris sur un agent A d'acquérir une confiance initiale en prenant en considération les preuves recueillies par les autres agents (parce que même les agents ont des casiers judiciaires).

Annexe B

Consensus de Raft

B.1 États des serveurs

Un cluster Raft comprend une multitude des serveurs (cinq est un nombre courant permettant au système de tolérer deux échecs). À n'importe quel moment donné, chacun des serveur est dans l'un de ces états :

- **Leader** - En cycle normal, il existe un et un seul *leader* et tous les autres serveurs sont *followers*. Le *leader* traite les requêtes de tous les clients (si un client contacte un *follower*, le *follower* le redirige vers le *leader*).
- **Follower** - Les *followers* sont passifs : ils n'émettent jamais de messages par leur propre initiative, ils se contentent simplement de répondre aux requêtes émises par le *leader* et les *candidats*.
- **Candidat** - Statut intermédiaire utilisé lors de l'élection d'un nouveau *leader*. La figure B.1 montre les différents états et transitions possibles dans un cluster Raft.

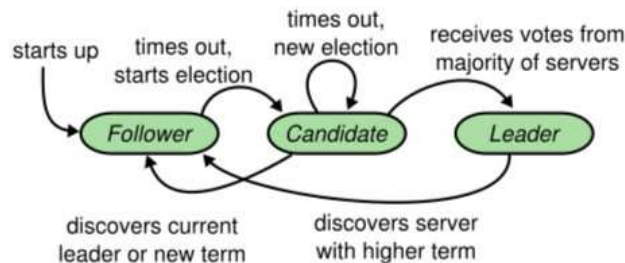


FIGURE B.1: États et transitions dans un cluster Raft

Les *followers* ne font que répondre aux requêtes des autres serveurs. Si un *follower* ne reçoit plus de communications, il devient alors *candidat* et initie une élection. Le *candidat* qui reçoit les votes d'une majorité du cluster complet devient le nouveau *leader*. D'une manière générale, les *leaders* opèrent jusqu'à ce qu'ils échouent.

B.2 Élection d'un *leader*

Comme le montre la figure B.2, le temps est divisé en termes. Chaque terme commence par une élection. Suite à une élection fructueuse, un *leader* unique gère l'intégralité du cluster jusqu'à la fin du terme. Parfois les élections échouent, auquel cas le terme se terminera sans choisir de *leader* et de nouvelles élections auront lieu au prochain terme. Il est important de noter que les transitions seront observées à des moments différents d'un serveur à l'autre.

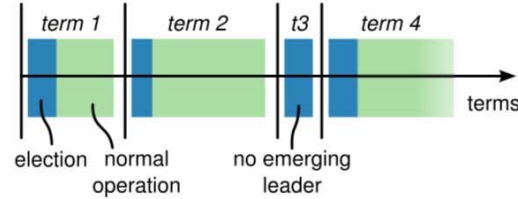


FIGURE B.2: Processus d'élection d'un *leader*

B.3 Réplication des journaux

L'organisation des journaux est détaillée par la figure B.3. Les journaux sont composés d'entrées séquentiellement numérotées. Dans notre gestionnaire de contexte, ces entrées correspondent à des états incrémentaux de notre ontologie. Chaque entrée réfère au terme durant lequel elle a été créée (le numéro de case dans la figure B.3) et contient une commande pour la machine à état. Une entrée est considérée comme *une transaction validée (committed)* si son insertion dans la machine à état est sans dangers.

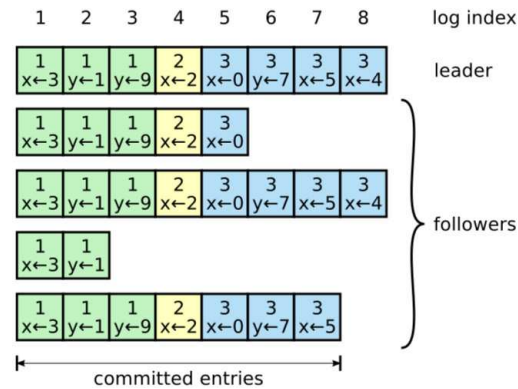


FIGURE B.3: Processus de réplication des journaux

En cycle fonctionnement normal, il y a un et un seul *leader* et n *followers*. Le *leader* envoie des pulsations régulières, témoins de sa disponibilité, aux autres membres du cluster. Le premier *follower* remarquant l'inactivité du *leader* (arrêt des pulsations) initie alors de nouvelles élections.

Annexe C

Interface d'administration

C.1 Interface pour les définition des variables de configuration de bas niveau

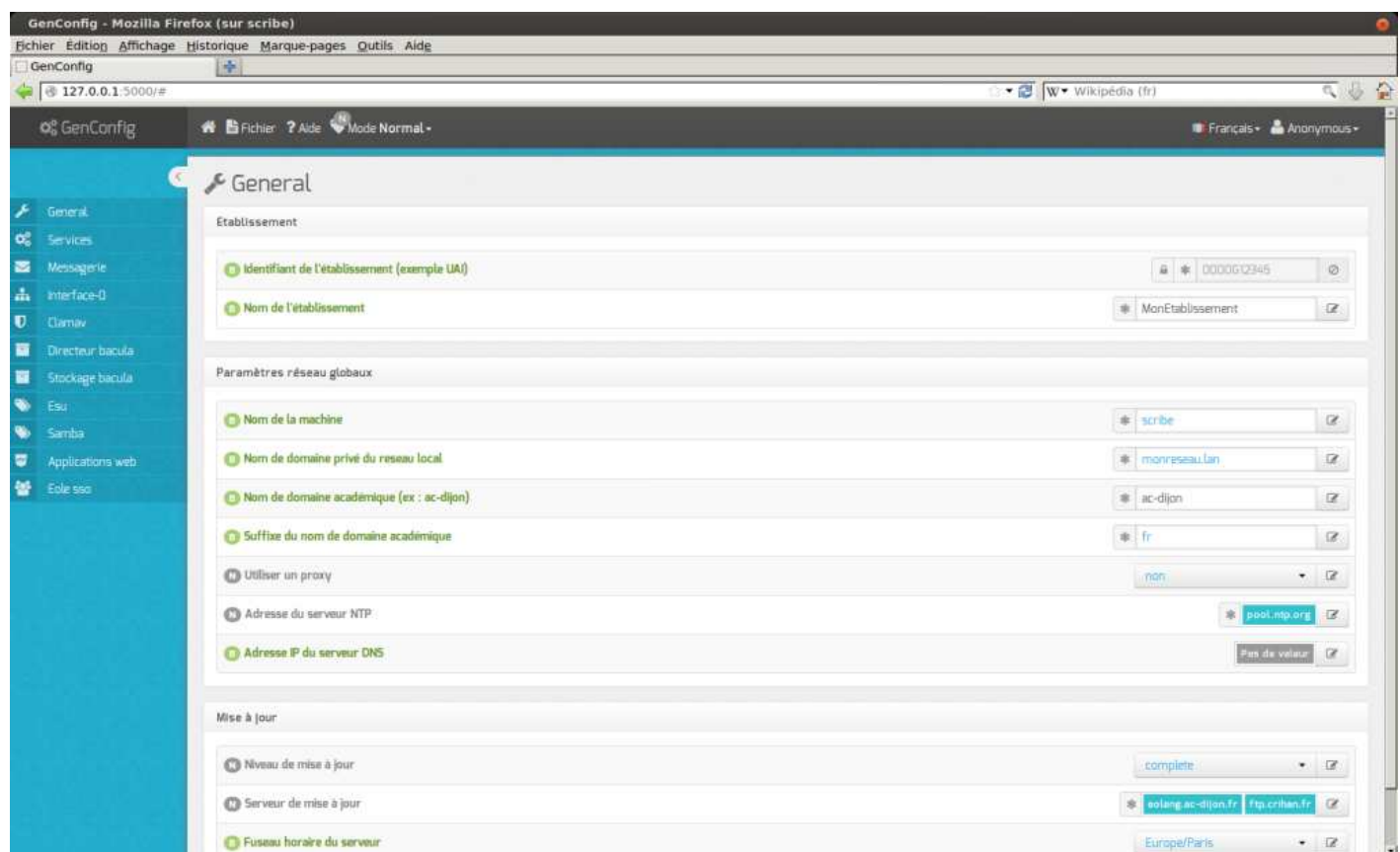


FIGURE C.1: Interface d'administration du gestionnaire de configuration

C.2 Interface pour la consultation de l'ontologie

The screenshot displays the NextGenConfig web application interface. On the left is a sidebar menu with options: Dashboard, Monitor, Logs, Services, **Ontology** (selected), Configuration Cluster, Recipes, and Sample Pages. The main content area has a breadcrumb trail: Dashboard / Monitor / Ontology. A status bar at the top right indicates 'Statements: 22174'. Below the breadcrumb, there is a search bar containing 'Interfaces with MAC addresses'. The 'SPARQL Query' section contains the following query:

```
SELECT
?InterfaceName ?IPVersion ?Address ?NetMask ?Broadcast
WHERE {
  ?Interface a t:Interface .
  ?Interface t:Name ?InterfaceName .
  ?Location t:locates ?Interface .
  ?Location a t:IPAddress .
  ?Location t:Version ?IPVersion .
  ?Location t:Address ?Address .
  ?Location t:NetMask ?NetMask .
  ?Location t:Broadcast ?Broadcast .
}
```

Below the query editor are buttons for 'Reset', 'Snapshot', and 'Query'. The 'Query results' section shows a table with the following data:

InterfaceName	IPVersion	Address	NetMask	Broadcast
eth0	4	192.168.10.106	255.255.255.0	192.168.10.255
eth0	4	192.168.10.106	255.255.255.0	192.168.110.255
eth0	4	192.168.110.133	255.255.255.0	192.168.10.255
eth0	4	192.168.110.133	255.255.255.0	192.168.110.255

FIGURE C.2: Interface d'administration du gestionnaire de configuration

Annexe D

Présentation d'EOLE

D.1 Introduction

EOLE est un projet collaboratif basé sur la philosophie du logiciel libre.

La mutualisation des compétences et des moyens permet de réaliser des solutions économiques, fiables et performantes.

EOLE propose des solutions clefs en main pour la mise en place de serveurs Intranet/Internet.

Ces réalisations s'insèrent dans le cadre de réflexions et de recommandations d'un certain nombre de structures et d'organismes ministériels favorables à l'usage des logiciels libres dans l'administration.

D.2 Modules EOLE

Chaque module constitue une distribution GNU/LINUX spécifique qui permet d'installer facilement un serveur dédié. Les services offerts sont pré-configurés, l'ensemble est cohérent. Vous devez télécharger sur le site l'image ISO qui vous permettra de graver un DVD ou un CD d'installation. Ce DVD/CD est multi module, le choix du module à installer est proposé au démarrage (boot).

D.2.1 Amon

Protéger les utilisateurs et les équipements.

Le pare feu Amon permet de partager en toute sécurité un accès Internet entre les sous réseaux d'un réseau local.

Installé sur un serveur dédié, équipé de deux, trois, quatre ou cinq interfaces réseau, il permet d'organiser au mieux le réseau. Des modèles de règles de pare feu sont disponibles pour chaque architecture. Ils peuvent être utilisés tels quels ou bien être modifiés à la convenance de l'utilisateur. Un outil spécifique, Era, est mis à disposition pour effectuer ce travail.

D.2.1.1 Principales fonctionnalités d'Amon

- Routage
- Support Vlan
- Authentification des utilisateurs
- Filtrage réseau
 - Par IP (netfilter)
 - par utilisateur (NuFW)
- Filtrage de site amélioré
 - Listes de sites interdits mises à jour quotidiennement
 - Analyse sémantique des pages consultées
- Réseau virtuel privé
- Suivi détaillé de la navigation web
- Mises à jour automatiques
- Journalisation des fichiers logs
- Détection d'intrusions
- Service de cache web
- Administration simplifiée
- Statistiques sur l'état du système
- Statistiques d'utilisation

D.2.2 Scribe

Scribe est un contrôleur de domaine dotée de fonctions évoluées. Il optimise la gestion de du parc de stations clientes.

Il dispose d'un annuaire qui référence élèves, parents, personnels enseignant et administratifs, il propose un service de messagerie et héberge une variété d'applications web au sein d'un portail Web 2.0.

D.2.2.1 Scribe est un contrôleur de domaine

- Gestion des connexions réseau des utilisateurs
- Partage de fichiers et de répertoires
- Support des ACL
- Partage d'imprimantes

- Gestion des comptes utilisateurs et des accès
- Gestion des quotas disques et d'impression
- Exécution d'applications utilisateurs

D.2.2.2 Scribe est un système de messagerie articulé autour d'un annuaire performant

- L'annuaire est initialisé à partir d'importation de comptes (SCONET, BE1D, AAF, CSV,...)
- L'annuaire peut servir de base d'authentification pour d'autres services réseaux
- La messagerie gère deux domaines distincts (l'Internet et l'intranet académique)
- Utilisation au choix d'une interface web multilingue ou d'un client de messagerie standard
- Un service de listes de diffusion
- Une sécurité anti spam, un anti virus, une gestion des quotas (taille des boites aux lettres)

D.2.2.3 Scribe offre des services web =, Envole 2.0

- Un serveur web
- Un portail web
- Des applications pré-installées

D.2.2.4 Scribe est un serveur d'authentification unique (SSO)

- Eole SSO utilise l'annuaire LDAP
- Les standards C.A.S 2 et OpenID son supportés
- La fédération d'identité est possible via le protocole SAML

D.2.2.5 Scribe dispose d'une gestion avancée des utilisateurs et des postes clients

- Distribution de devoir
- Contrôle d'accès à Internet et au services réseaux
- Appliquer des restrictions ou pré configurer des applications, en fonction du login de l'utilisateur ou de ses groupes et du nom de la machine sur laquelle il se connecte
- Effectuer des actions distantes sur les stations (fermer la session, éteindre ou redémarrer un ou plusieurs postes)
- Surveiller la détection de virus par le serveur

D.2.3 Horus

Le module Horus est un contrôleur de domaine pour le réseau administratif d'un établissement scolaire ou d'un service académique.

Il offre toutes les fonctionnalités de partage de fichiers et d'imprimantes.

Il est également utilisable dans n'importe quelle autre structure nécessitant un contrôleur de domaine.

Un contrôleur de domaine est un serveur central qui est en charge des contrôles d'accès.

Un domaine est une entité logique qui reflète le plus souvent une organisation hiérarchique. Le domaine permet à l'administrateur système de gérer efficacement les utilisateurs des stations déployées car les informations (comptes et autorisations d'accès) sont centralisées dans une même base de données.

Le contrôleur de domaine permet donc :

- De gérer des comptes utilisateur : ajouter, supprimer et modifier un utilisateur
- De créer des groupes d'utilisateurs : créer des groupes pour simplifier la gestion des politiques (permission sur des dossiers, permission sur des services,...)
- De créer des politiques de sécurité qui seront appliquées aux utilisateurs et aux groupes d'utilisateurs.

L'utilisateur peut, sur une machine cliente raccordée au réseau, faire le choix de démarrer une session avec un compte du domaine ou avec un compte local s'il en existe. Il est ainsi possible d'ouvrir une session sur n'importe quel poste du domaine.

D.2.4 Éclair

Eclair est un serveur de clients légers linux.

Il permet de faire démarrer, depuis le réseau, des machines sans système d'exploitation installé.

En pratique le serveur est la seule machine ayant un système installé, c'est lui qui exporte son système vers les clients légers. Tout ceci est complètement transparent pour l'utilisateur, il utilise le client léger, on dit aussi terminal, exactement comme s'il utilisait un ordinateur normal.

Tout le système et toutes les applications disponibles sur les terminaux étant en fait installés sur le serveur, il n'y a qu'une seule machine à administrer. Si une application est installée sur le serveur, elle sera immédiatement disponible pour tous les clients légers.

D.2.5 AmonÉcole

Un seul serveur pour plusieurs modules.

Cela permet aux établissements d'avoir différents services sur une même machine physique au lieu de multiplier le nombre de serveurs.

De ce fait, AmonÉcole est particulièrement adapté aux petites structures en termes d'effectif ou de moyens comme les écoles primaires ou les petits collèges.

Il est également possible d'installer les module Horus (serveur de fichier) et Eclair (clients légers)

En version 2.2 ces différents modules sont installés sur une seule machine physique grâce à la technique de virtualisation (OpenVZ).

En version 2.3 on utilise le mode conteneur (LXC)

D.2.6 Sphynx

Le serveur Sphynx est un concentrateur de réseau virtuel privé.

Intégrant des composants logiciels de haute disponibilité, Sphynx permet de relier en réseau des serveurs pour former un réseau virtuel privé (RVP) avec le pare feu Amon dans les établissements distants et Sphynx en entrée du réseau.

Il fait parti des éléments constitutifs du réseau AGRIATES (Intranet Sécurisé entre les Académies et les Établissements Scolaires).

D.2.7 Zéphir

Le module Zéphir propose une solution normalisée pour faciliter le déploiement, la surveillance et la maintenance des modules EOLE.

Zéphir héberge une base de données des établissements et des serveurs installés dans ces établissements.

Zéphir permet la gestion de la configuration des serveurs

- La génération des configurations serveurs (création du dictionnaire)
- Le stockage de ces configurations (fichier.eol)
- La distribution des ces configurations sur les serveurs via le réseau
- La mise à jour des configurations avec une gestion des différentes versions et un historique des modifications effectuées
- Le lancement d'actions à distance

Zéphir dispose d'un module de surveillance des serveurs dans les établissements. Il permet la remontée d'alertes à intervalles réguliers. Des actions sur les serveurs en alerte peuvent être lancées automatiquement si besoin.